

**MONIQUE BEATRIZ DE FREITAS**

**ESTÁGIO CURRICULAR**

**GESTÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA POR BIODIGESTORES  
NA COOPERATIVA REGIONAL AGROPECUÁRIA DE CAMPOS  
NOVOS E SEUS INTEGRADOS**

**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**MONIQUE BEATRIZ DE FREITAS**

**ESTÁGIO CURRICULAR**

**GESTÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA POR BIODIGESTORES  
NA COOPERATIVA REGIONAL AGROPECUÁRIA DE CAMPOS**

**NOVOS E SEUS INTEGRADOS**

Trabalho de Conclusão de curso  
apresentando à disciplina de  
Estágio de Conclusão de Curso,  
como requisito parcial para a  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientador: Antônio Carlos  
Machado da Rosa.

**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2011.**

**MONIQUE BEATRIZ DE FREITAS**

**ESTÁGIO CURRICULAR**

**GESTÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA POR BIODIGESTORES  
NA COOPERATIVA REGIONAL AGROPECUÁRIA DE CAMPOS  
NOVOS E SEUS INTEGRADOS**

**Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito de  
complementação curricular para graduação em Agronomia, da  
Universidade Federal de Santa Catarina do Centro de Ciências Agrárias.**

Banca examinadora:

Orientador: \_\_\_\_\_

**Prof. Dr.: Antônio Carlos Machado da Rosa  
Universidade Federal de Santa Catarina**

Avaliador: \_\_\_\_\_

**Andréia Tecchio  
Universidade Federal de Santa Catarina**

Avaliador: \_\_\_\_\_

**Deise Vasconcelos  
Universidade do Estado de Santa Catarina**

**FLORIANÓPOLIS – SC**

**2011**

Dedico aos meus pais, por tudo que  
me proporcionaram.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao onipotente senhor nosso Deus.

Ao médico veterinário e fiscal federal do Ministério da Agricultura, Sérgio José da Silveira, pela prontidão em buscar meios para me alocar como estagiária na Cooperativa Regional de Campos Novos.

Ao meu orientador, professor Antônio Carlos Machado da Rosa pelas instruções no trabalho e viabilização da minha estadia.

As minhas novas amigas Iliete e Gisele Bueno que me hospedaram no município de Campos Novos durante todo o período de estágio.

Ao meu supervisor, médico veterinário, Lúcio Marsal Rosa de Almeida, que me recebeu, atendendo aos meus anseios e proporcionando a minha experiência e aprendizado em torno de todo o processo que circunda a parte ambiental da suinocultura na cooperativa.

Aos funcionários das granjas Ibicuí, Floresta e Pinheiros que me receberam com muita atenção, paciência e carinho durante o estágio na cooperativa.

Aos servidores Gilmar Borsoi e Lucimar F. Schvirck pela amizade, atenção e eficiência nos serviços realizados.

À Catarina e Marlene, funcionárias da Biblioteca Setorial do CCA, por além de realizarem seu trabalho atenderem aos alunos de forma carinhosa e sempre perseverante.

A todos meus amigos, pessoas amadas que fazem muita diferença na minha vida, proporcionando uma das formas mais belas de amor fraternal; em especial às companheiras de jornadas de TCC Pâmela, Marina e Gabi Bastiani.

A minha avó Ivone por seu amor e zelo.

Às minhas irmãs, em especial à Juliana por seus auxílios.

Finalmente e principalmente agradeço aos meus pais Beatriz Maria e Gilson de Freitas que sempre incansavelmente conservam o elo e o real significado de uma família, o amor.

*"Qualquer caminho que você decida tomar, existe sempre alguém para te dizer que você está errado. Existem sempre dificuldades surgindo que te tentam a acreditar que as críticas estão corretas. Mapear um caminho de ação e segui-lo até o fim requer... coragem."*

Ralph Waldo Emerson

## **RESUMO**

A necessidade de fontes energéticas para a população mundial é algo imprescindível. Estas, em grande parte são adquiridas através de recursos esgotáveis e não renováveis. O uso do biogás, gerado através da biodigestão anaeróbia de microorganismos dentro dos biodigestores, apresenta-se como uma fonte em potencial na geração de energia. A suinocultura, em particular é reconhecida como uma atividade pecuária de grande impacto ambiental, fator atrelado ao potencial poluidor dos dejetos produzidos pelos animais. Inserido neste contexto surgem os biodigestores com a tecnologia capaz de gerar energia através da biomassa presente no dejetos animal e o tratamento do efluente, diminuindo assim o seu potencial poluidor. Com o intuito de conhecer e identificar a produção de energia por biodigestores a campo foi realizado o estágio de conclusão de curso na Cooperativa Regional de Campos Novos – COPERCAMPOS. Esta possui biodigestores instalados nas suas granjas produtoras de leitões com a produção de energia elétrica e térmica para o abastecimento energético dos galpões de criação de suínos e o sistema de tratamento de efluentes. Nestas realizou-se a produção estimada de energia em kWh, com o intuito de apresentar na prática a produção de biogás e energia elétrica em potencial para o abastecimento da mesma. Observou-se que há um grande potencial de produção de energia elétrica oriunda da biomassa presente nos dejetos. Obtendo estes dados estimativos nota-se a necessidade do desenvolvendo de parâmetros mais próximos da realidade produzida na prática, além é claro da realização do manejo apropriado dado aos dejetos dentro dos galpões de criação.

**PALAVRAS CHAVE:** suinocultura, biodigestores e gestão energética.

## **IDENTIFICAÇÃO DO ESTÁGIO**

**Estagiária:** Monique Beatriz de Freitas

**E-mail:** moniqdefreitas@gmail.com

**Orientador:** Antônio Carlos Machado da Rosa

**Supervisor:** Lúcio Marsal Rosa de Almeida

**Período de estágio:** Agosto a Outubro de 2011.

**Endereço:** Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos  
Margens da BR 282, Km 342 – Cx. Postal 161  
CEP 89620-000 – Campos Novos/SC

**Home Page:** <http://www.copercampos.com.br>



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Poder calorífico superior do biogás em relação a outras fontes de energia.....	21
Tabela 2 - Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos....	23
Tabela 3 – Produção diária de biogás em função do número de matrizes.....	23
Tabela 4 – Grupo de bactérias e fases distintas no processo de digestão anaeróbia.....	24
Tabela 5 – Potencial de produção de biogás a partir de dejetos animais.....	26
Tabela 6 – Dimensionamento do biodigestor de acordo com o volume.....	29
Tabela 7 - Dimensões dos biodigestores da granja Ibicuí.....	37
Tabela 8 - Potencial de produção de biogás e energia elétrica (kWh) na granja Ibicuí.....	38
Tabela 9 – Dimensão dos biodigestores instalados na granja Floresta.....	43
Tabela 10 - Potencial de produção de biogás e energia elétrica (kWh) na granja Floresta.....	44
Tabela 11 – Dimensionamento dos biodigestores da granja dos Pinheiros.....	46
Tabela 12 - Potencial de produção de biogás e energia elétrica (kWh) na granja dos Pinheiros.....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Biodigestor Chinês.....	27
Figura 2 – Modelo de Biodigestor Indiano.....	28
Figura 3 – Modelo de Biodigestor de Laminado em PVC (Canadense).....	28
Figura 4 – Planta do topo de escavação e dimensionamento da manta.....	29
Figura 5 – Etapas de consutrução do Biodigestor no modelo canadense...	30
Figura 6 – Imagem Aeréa de Ibicuí.....	36
Figura 7 – Imagem Aeréa da Granja Floresta.....	42
Figura 8 – Imagem Aérea da Granja dos Pinheiros.....	46
Figura 9 – Bacias hidrográficas de Santa Catarina.....	56

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Ilustração 1 - Sistema de tratamento de dejetos do sítio I da granja Ibicuí..	39
Ilustração 2 - Sistema de tratamento de dejetos do sítio II da granja Ibicuí.	41
Ilustração 3 – Sistema de tratamento de dejetos da granja Floresta.....	45
Ilustração 4 - Sistema de tratamento de dejetos da granja dos Pinheiros...	48

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

GEE – Gases do Efeito Estufa

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DQO – Demanda química de oxigênio

PVC – Policloreto de vinilideno

PEAD – Polietileno de alta densidade

COPERCAMPOS – Cooperativa Regional de Campos Novos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3 REVISÃO BIBLIORÁFICA.....</b>	<b>17</b>
3.1 BIODIGESTORES.....	17
3.1.1 Produção De Energia Pelo Uso De Biodigestores.....	19
3.2 PRODUÇÃO DE DEJETOS.....	21
3.3 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA.....	23
3.4 DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTORES.....	26
3.5 MANEJO DE BIODIGESTORES.....	31
3.6 LIMITAÇÕES.....	32
3.6.1 Biomassa.....	32
3.6.2 Gases.....	32
3.6.3 Temperatura.....	33
3.6.4 Antibióticos.....	33
3.6.5 Desinfetante .....	33
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
5.1 UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NA COOPERATIVA.....	36
5.1.1 Granja Ibicuí.....	36
5.1.1.1 Gestão energética da granja Ibicuí.....	36
5.1.1.2 Tratamento de efluente.....	38
5.1.2 Granja Floresta.....	42
5.1.2.1 Gestão Energética da Granja Floresta.....	42
5.1.2.2 Tratamento de efluente.....	44
5.1.3 Granja dos Pinheiros.....	46
5.1.3.1 Gestão Energética da granja dos Pinheiros.....	47
5.1.3.2 Tratamento do efluente.....	48
5.1.4 Integrados.....	49
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
6.1 DIMENSIONAMENTO.....	50

6.2 GERAÇÃO DE ENERGIA.....	52
6.3 DESTINO DE EFLUENTES.....	55
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>57</b>
<b>8 ANEXOS.....</b>	<b>59</b>
8.1 INSTALAÇÕES DAS GRANJAS E INTEGRADOS.....	59
8.2 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	69
8.3 INSTRUÇÃO NORMATIVA.....	71
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de energia elétrica na vida da população mundial é algo imprescindível de acordo com os padrões seguidos. Historicamente o homem vem buscando na natureza fontes de energia, e durante esta busca ocorreram transições na fonte usada: a primeira na mudança do uso da madeira para o carvão, a segunda do carvão para o petróleo e atualmente acredita-se na substituição do uso do petróleo por fontes renováveis. Consoante a esta necessidade fala-se sobre uma terceira transição. Por muito tempo fez-se uso de material de origem fóssil e fonte esgotável, o que resultou na redução de disponibilidade de matéria prima e na busca por novas alternativas.

É reconhecida a necessidade de substituição do uso de combustíveis fósseis por fontes de origem renovável e de menor impacto ao ambiente. Estas fontes podem ser provenientes da energia solar, quedas de água, vento, resíduos entre outros. Os dejetos de origem animal caracterizam-se como resíduos com grande potencial combustível.

Na suinocultura o sistema de criação do tipo confinado ocorre em ampla escala. A estrutura de criação dos suínos com a alta tecnologia e confinamento, aumento do número de animais por área de criação e diminuição da quantidade de produtores, proporcionando juntamente a elevada concentração de dejetos. Neste setor pecuário a necessidade da destinação correta destes dejetos gerados e consequentemente a ciclagem e reciclagem desta carga orgânica liberada pelo excremento destes animais faz-se necessária.

A concentração destes dejetos proporciona a produção de alguns gases nocivos à atmosfera, os chamados gases de efeito estufa (GEE). Neste contexto estão envolvidos alguns gases que potencializam o efeito estufa quando presentes em maiores proporções na atmosfera, sendo eles: o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). O aumento da taxa de gás metano na atmosfera tem se intensificado a cada ano, correspondendo a uma concentração global de 1% ao ano.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> A estimativa da Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) é que 14% do gás metano emitido no planeta é proveniente da atividade de produção animal e que 5 a 10% do gás metano presente na atmosfera é oriundo dos dejetos. Martinez, et al., (2003) e Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, apud Oliveira et al (2006).

No ano de 2005, conforme menciona Oliveira et al. (2006), iniciaram programas oficiais para estimular a implantação de biodigestores com o propósito de geração de energia e possível participação no mercado de crédito de carbono. Juntamente a esta iniciativa está baseado o princípio da diminuição da emissão de poluentes e agregação de valor ao sistema proporcionado com os biodigestores. Esta tecnologia constitui-se em uma forma de geração de energia, tendo como fonte o biogás produzido na atividade da biomassa presente do dejetos animal. Dentro dos biodigestores é possível realizar a ciclagem dos gases poluentes através da sua queima e a reciclagem dos dejetos produzidos com a redução da carga poluente.

Na pecuária brasileira, principalmente nos estados do sul, há uma grande concentração de rebanhos de suínos. O estado de Santa Catarina, no ano de 2010, produziu 20% do efetivo de rebanho suíno brasileiro, sendo o estado de maior representatividade em âmbito nacional. Além disso, 79% do seu rebanho está concentrado nas regiões oeste e meio oeste catarinense. Os dejetos produzidos, quando tratados convertem matéria orgânica em biogás, desta forma potencializando a suinocultura como um produtor de energia renovável.

Para conhecer e acompanhar o manejo realizado nesta região de grande potencial produtivo realizou-se o estágio na Cooperativa Regional de Campos Novos - COPERCAMPOS, que tem instalado suas granjas produtoras de suínos no município de Campos Novos. Esta cooperativa vem desenvolvendo tecnologias para a geração de energia elétrica e térmica a partir da biomassa. Em função desta aplicação o presente trabalho trata das atividades realizadas pela cooperativa na gestão de produção de energia por biodigestores nas granjas produtoras de leitões e o uso do biogás dentre os integrados da Cooperativa.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar a produção de energia por biodigestores na Cooperativa Regional de Campos Novos – COPERCAMPOS.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar aspectos de manejo que influenciam a eficiência de geração de energia por biodigestores, nas granjas produtoras de leitões da COPERCAMPOS: Granja Ibicuí, Granja Floresta, Granja dos Pinheiros e Integrados;
- Identificar aspectos relacionados a gestão de geração de energia elétrica e térmica produzida por biodigestores;
- Identificar a destinação e uso de dejetos gerados.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 BIODIGESTORES

Os biodigestores, com a concentração da biomassa em um ambiente fechado e na ausência de oxigênio, proporcionam a produção de biogás através da fermentação dos microorganismos presentes na matéria orgânica. Estes funcionam como gasômetros capazes de conferir um ambiente propício para a digestão de bactérias e consequente produção de gases. Os países precursores na instalação dos biodigestores foram China e Índia, onde cada qual aplicou a tecnologia com foco distinto; a China por ser um país muito populoso e com grande necessidade de produção de alimentos encontrou nos biodigestores uma oportunidade de produzir biofertilizantes de qualidade e eficiência necessária para o uso na lavoura, a produção de energia através do biogás para não se faz tão necessária graças ao poderio e autosuficiência em petróleo do país. Em contrapartida a Índia busca nos biodigestores a produção de energia, graças ao imenso déficit que ocorre no país. Em virtude do diferente foco dado ao uso dos biodigestores cada qual desenvolveu seu método de construção, e hoje em dia no mercado existem os modelos baseados nos chineses (simples e econômico) e o indiano com técnicas mais sofisticadas em prol da produção de energia.

No Brasil o interesse pela tecnologia dos biodigestores surge a partir de 1970, especificamente na suinocultura, porém naquela época a atividade não obteve muito sucesso. A falta de aporte técnico na construção e operação dos biodigestores, maquinários utilizados na distribuição dos biofertilizantes, ausência de motores e equipamentos desenvolvidos especialmente para o biogás e a geração de energia dificultaram a permanência do processo. Nos tempos atuais, passados 40 anos das primeiras tentativas, os biodigestores voltam como uma das alternativas para o tratamento de dejetos na suinocultura, graças a disponibilidade de materiais desenvolvidos para o setor e a questão energética atual. Além disso, o aumento da escala de produção proporcionou uma maior necessidade de aporte energético e destinação correta dos dejetos gerados. “A utilização de biodigestores, no Brasil, tem

merecido importante destaque devido aos aspectos de saneamento e energia, além de estimular a reciclagem de nutrientes” (OLIVEIRA, et al., 2006).

Os biodigestores instalados nas propriedades rurais diferem na estrutura e forma de abastecimento, podendo ser classificados como biodigestores do tipo batelada ou contínuo. No sistema em batelada a carga de matéria orgânica entra no biodigestor apenas uma vez a cada ciclo de digestão, ou seja, a biomassa só é substituída após o período de retenção ser finalizado. Já no sistema contínuo o abastecimento desta carga orgânica é realizado diariamente, desta forma na entrada do novo substrato ocorre a saída do efluente que já foi tratado.

Na suinocultura o aporte de dejetos gerados nas granjas é elevado. Tendo em vista esta particularidade os biodigestores do tipo contínuo têm se encaixado melhor na demanda de produção, destacando-se entre estes o modelo canadense, que vem sendo utilizado em grande escala, em virtude principalmente da facilidade de instalação, custos de construção e manejo, além da sua versatilidade do seu uso em pequenas e grandes propriedades. “O setor privado, contando com o apoio de universidades e entidades de pesquisa, tem sido o responsável pelo desenvolvimento do mercado desse tipo de biodigestor” (OLIVER et al., 2008).

O biocombustível produzido nos biodigestores é considerado uma fonte de energia esgotável e da mesma forma disponível em grande quantidade em virtude da atividade pecuária, principalmente na suinocultura. Sendo assim o biogás gerado pode ser usado para produção de energia elétrica e como energia térmica substituindo o GLP, ou gás de cozinha, muito utilizado nas granjas. “A possibilidade de utilização do biogás para a geração de energia térmica e elétrica agrega valor ao dejetos diminuindo seus custos com o tratamento” (OLIVEIRA et al., 2006).

Segundo Oliver et al. (2008) após a passagem do efluente pelo biodigestor há melhorias na qualidade da matéria orgânica. Este se revela como biofertilizante em potencial, pois a biomassa digerida libera  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ , reduzindo o teor de carbono; com a liberação de carbono outros elementos como o nitrogênio ficam disponíveis em quantidade que proporciona uma diminuição na relação C/N e melhora o emprego deste efluente nas práticas

agrícolas. Ademais, o avançado do grau de decomposição do material facilita o uso do mesmo pelos microrganismos do solo.

É importante ressaltar que o biodigestor é uma tecnologia que faz parte de um sistema de tratamento de dejetos, não sendo a única forma de estabilização dos efluentes gerados, mas parte do processo. De acordo com Oliver et al. (2008) o uso de biodigestores permite o aproveitamento máximo dos recursos locais e integra as atividades rurais.

### 3.1.1 Produção de energia pelo uso de biodigestores

O aspecto energia é cada vez mais evidenciado pela interferência no custo final de produção sendo, no caso da suinocultura e da avicultura, o fator que merece ser mais bem trabalhado, uma vez que as oscilações de preço podem reduzir a competitividade do setor. “Ressalta-se que a recente crise energética, o aquecimento global e a alta dos preços do petróleo, têm determinado uma procura por alternativas energéticas no meio rural” (OLIVEIRA et al., 2006).

A restrição de espaço e a necessidade de atender cada vez mais as demandas de energia, de água de boa qualidade e alimento, têm colocado alguns paradigmas a serem vencidos, os quais se relacionam, principalmente, à questão ambiental e à geração e utilização de energia nas propriedades (OLIVEIRA et al., 2006).

A energia da biomassa, juntamente com a energia eólica, solar e hidráulica, caracteriza-se como energia de fonte renovável. A energia proveniente da biomassa é oriunda de um processo de biodigestão da matéria orgânica, que no caso da pecuária é gerada a partir da dejeção animal.

O biogás revela-se como um combustível em potencial gerado a partir fontes orgânicas que sofrem fermentação anaeróbia. Os dejetos por sua vez constituem em uma fonte de matéria prima para a geração do biogás, pois estes quando, “*in natura*”, já possuem bactérias anaeróbias por saírem do intestino animal.

Segundo Thomas e Deval (1987) existe uma percentagem da composição média dos gases presentes neste combustível:

- Metano ( $\text{CH}_4$ ) 50 a 70%;
- Gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) 35 a 40%;
- Hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) 1 a 3%;
- Oxigênio ( $\text{O}_2$ ) 0,1 a 1%;
- Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ) 0 a 0,1%;
- Azoto ( $\text{N}_2$ ) 0,5 a 3%;
- Vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) variável;
- Outros gases como  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{CnH}_{2n}$  1 a 5%.

Estes valores percentuais da composição do biogás diferem entre autores, porém segue uma margem numérica semelhante. A melhor produção deste biogás dependerá da relação carbono nitrogênio presente neste material, onde a ideal é de 30/1.

De acordo com Oliver et al. (2008) o poder calorífico do biogás é de 5000 a 7000 kcal/m<sup>3</sup>, sendo que a equivalência de 1 m<sup>3</sup> de biogás é de 1,50 kg de lenha, 0,55 litro de óleo diesel, 0,58 litro de querosene, 0,61 litro de gasolina e 0,45 litro de gás de cozinha. Outro fator importante a ser ressaltado é que a energia gerada através do biogás é oriunda de resíduos da atividade agrícola, diferente das fontes originárias do álcool na cana de açúcar e óleos extraídos de culturas, que podem vir a competir com a alimentação animal e por área agricultável disponível.

Segundo Oliveira et al. (2004), a quantidade de sólidos voláteis é uma importante característica a ser verificada em função da potencialidade de produção de metano. Ainda conforme Morga et al. (1981) são necessários de 0,37 a 0,50 kg de sólidos voláteis de dejetos de suínos para a produção de 1 m<sup>3</sup> de biogás.

Os dejetos de suínos em particular possuem um bom potencial energético em termos de produção de biogás, pois mais de 70% dos sólidos totais são constituídos por sólidos voláteis, que são o substrato das bactérias metanogênicas, responsáveis pela produção de biogás (Kozen 1983 e Morga 1983; apud Oliveira 1993).

Na Tabela 1 constam os valores em joules/cm<sup>3</sup> e kcal/m<sup>3</sup> comparativo entre diferentes fontes de energia e o biogás.

**Tabela 1 – Poder calorífico do biogás em relação a outras fontes de energia.**

Fontes energia	Poder calorífico	
	(Joules / cm <sup>3</sup> )	(kcal / m <sup>3</sup> )
<b>Biogás (65-70%, CH<sub>4</sub>)</b>	21,5 - 27,7	5.155 - 6.622
<b>Metano</b>	33,2 - 39,6	7.931 - 9.460
<b>Gás Carvão</b>	16,7 - 18,5	3.990 - 4.420
<b>Gás Natural</b>	38,9 - 81,4	9.293 - 9.446
<b>Propano</b>	81,4 - 96,2	19.446 - 22.982
<b>Butano</b>	107,3 - 125,8	24.561 - 30.054

FONTE: National Academy of Sciences, (1977); apud Oliveira et al. (2004)

Observa-se que dentre as fontes de energia o biogás revela-se com um poder calorífico muito próximo a fontes de energia usadas comumente na agricultura e pecuária.

### 3.2 Produção de dejetos

Segundo Andreadakis, (1992); apud Henn, (2005) o dejetos animal gerado na suinocultura difere dos resíduos industriais e sanitários por conter em sua estrutura uma maior quantidade de matéria orgânica na forma sólida, enquanto que outros são compostos em maior quantidade na forma solúvel.

De acordo com Henn (2005), há uma grande variação nos dejetos de suínos quanto às características físico-química e biológicas, podendo inclusive ter alterações em sua consistência entre o líquido e o pastoso, além de apresentar sólidos dissolvidos, em suspensão e até sedimentáveis; independente das variações acima mencionadas sempre há uma concentração elevada de matéria orgânica.

Os dejetos de suínos, assim como outros materiais provenientes do esterco animal, são compostos inclusive da parte líquida. No caso da suinocultura, no sistema de criação em confinamento, juntamente com os dejetos, concentram-se nas valas água desperdiçada em bebedouros e utilizada para a limpeza dos galpões, além é claro de que na urina animal podem estar

contidos resíduos de antibióticos e outros remédios que em geral são eliminados parcialmente pelos animais.

Belli F°, (1995); apud Henn, (2005) ressalta que a construção, a alimentação, a quantidade de água disponível para os animais, o manejo, o sistema de criação e até mesmo o estado psicológico do animal interferem consideravelmente no volume de dejetos produzido. Isso podendo ser perceptível inclusive nas diferentes fases de crescimento dos animais, onde em cada época de sua vida, conforme a ingestão de alimentos, o ambiente condicionado, as situações de estresse, fazem com que haja mudança na dejeção animal. A condição do ambiente quer seja temperatura, umidade, alojamento, que variam de acordo com cada propriedade, são fatores consideráveis para estimar-se a produção de dejetos suinícola.

Os vazamentos de água nas pocilgas aumentam o volume dos efluentes. O principal incremento no conteúdo líquido decorre da urina e fezes, e do desperdício de água por mal funcionamento dos bebedouros e sistema de higiene adotado nas criações, enquanto o consumo de água é influenciado pela dieta e pela temperatura ambiente (PERDOMO, 1995, apud HENN, 2005).

Na Tabela 2 são apresentados dados numéricos de produção média diária de dejetos de suínos em fases de crescimento distintas.

Segundo Henn (2005) grande parte da matéria orgânica presente no dejetos não é totalmente biodegradável, ou seja, 40% do montante que é composto por material de fibra de celulose e outros presentes na ração ingerida por estes animais.

A quantificação de certos constituintes do dejetos de suínos, como: pH, DQO, DBO, fósforo total, sólidos totais e voláteis, é variável de acordo com a propriedade e o sistema de criação dos animais. Como mencionado anteriormente estes elementos influenciam não somente na quantidade de dejetos produzidos, mas também na constituição dos mesmos.

**Tabela 2 - Produção média diária de dejetos por diferentes categorias de suínos.**

<b>Categoria</b>	<b>Esterco kg/dia</b>	<b>Esterco + urina kg/dia</b>	<b>Dejetos líquidos l/dia</b>
<b>25 - 100 Kg</b>	2,30	4,90	7,00
<b>Porcas em gestação</b>	3,60	11,00	16,00
<b>Porca em lactação</b>	6,40	18,00	27,00
<b>Macho</b>	3,00	6,00	9,00
<b>Leitões desmamados</b>	0,35	0,95	1,40

Fonte: Oliveira et al (2004)

A Tabela 3 demonstra a produção diária de biogás de acordo com o número de matrizes, assim como a quantidade (Kg) de biofertilizante produzido diariamente.

**Tabela 3 – Produção diária de biogás em função do número de matrizes.**

<b>Número de matrizes</b>	<b>Volume de biogás (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Quantidade de biofertilizante (kg/dia)</b>
<b>12</b>	10	0,714
<b>24</b>	20	1,428
<b>36</b>	30	2,143
<b>60</b>	50	3,571

Fonte: Konzen (1983), apud Oliveira (2004) adaptado pela autora.

### 3.3 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

O biogás é composto por uma série de gases, por consequência da digestão anaeróbia de hidrocarbonetos. Geralmente este gás possui maiores proporções de metano e gás carbônico, porém a composição exata de cada biogás dependerá da origem da matéria orgânica que sofreu a fermentação.

A biodigestão em sistema anaeróbio proporciona a produção de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> a partir de materiais orgânicos complexos, como carboidratos, lipídios e proteínas, graças ao trabalho realizado por uma cultura mista de



microorganismos. Desta forma o biogás caracteriza-se como um subproduto da fermentação anaeróbia da matéria orgânica. “Apesar de parecer complexo, este processo de fermentação ocorre naturalmente e continuamente dentro do biodigestor, desde que o sistema seja manejado corretamente” (OLIVER et al., 2008).

Todo o processo de biodigestão anaeróbia é dependente da ação de microorganismos e este possui uma sequência bioquímica que pode ser dividida em três fases (TEORIEN et al. 1970; apud OLIVEIRA et al. 2004). Temos a seguinte sequência: hidrólise, fermentação ácida e produção de metano. Na primeira fase, a hidrolítica, as moléculas complexas são reduzidas, graças a ação de enzimas hidrolíticas extracelulares destas moléculas complexas. Na segunda fase ocorre a fermentação ácida, no qual as moléculas metabolizadas anteriormente são transformadas em ácidos orgânicos (acético, propiônico, butírico, isobutírico, fórmico, hidrogênio e dióxido de carbono). Na terceira e última fase estes ácidos orgânicos são convertidos em metano e dióxido de carbono.

Na Tabela 4 são descritos os grupos de bactérias presentes em cada fase da biodigestão anaeróbia.

**Tabela 4 – Grupo de bactérias e fases distintas no processo de digestão anaeróbia**

<b>Grupo de bactérias</b>	<b>Fase</b>
<b>Fermentativas</b>	Hidrólise
	Acidogénese
<b>Acetogénicas</b>	Acetogenese
<b>Metanogénicas</b>	Metanogenese

FONTE: Oliveira et al. (2006). Adaptado pela autora.

A temperatura é um fator que influencia o funcionamento dos sistemas biológicos principalmente na velocidade das reações bioquímicas. Segundo Simpson (1959); apud Oliveira et al, (2006), as bactérias presentes na

biodigestão anaeróbia são ainda muito mais sensíveis as mudanças de temperatura, podendo até ocorrer interrupção da produção de metano e acúmulo de sólidos voláteis. Porém se esta mudança não for abrupta, assim ocorrendo de forma gradual o sistema pode se adaptar a outras temperaturas.

Dentro do processo biológico de atividade dos microorganismos ocorrem três faixas de temperaturas que exercem influência sobre a atividade dos mesmos. Tem-se:

- termofílica, faixa entre 50 e 70°C;
- a mesofílica entre 20 e 45°C;
- e a psicofílica situada abaixo de 20°C.

Estudos realizados por diferentes pesquisadores observaram que na faixa de 25 a 44°C (mesofílica) a percentagem de CH<sub>4</sub> manteve-se praticamente constante em 69%, e a produção de biogás por quilograma de ST adicionados aumentou (OLIVEIRA et al.,2004). Segundo La Farge (1995) apud. Oliveira et al (2004), em temperaturas entre 30 a 37°C as bactérias de digestão anaeróbias fermentam melhor, e na ocorrência de temperaturas inferiores ocorre uma menor produção de metano, chegando a parar a produção com temperatura abaixo de 10°C.

Sabe-se que o rendimento e qualidade do biogás produzido dependem principalmente da carga orgânica disponível para a biodigestão. De acordo com Oliveira et al. (1993), para realizar o valor desta carga orgânica mede-se a quantidade de sólidos voláteis, que permitem um valor estimado de matéria orgânica presente no dejetos. Sendo assim a redução dos sólidos voláteis pode ser analisada pela diferença entre os valores dos sólidos voláteis na entrada e na saída dos biodigestores, avaliando a digestão do sistema.

Para a produção de energia busca-se no sistema de biodigestores uma maior produção de gás metano. Em virtude disso é importante que se faça análise da qualidade do material que é destinado para os biodigestores. Na ocorrência de maior quantidade de material com celulose ou rico em nitrogenados, como o sangue animal, urina entre outros, há uma maior produção de dióxido de carbono em detrimento da produção de gás metano.

Na Tabela 5 verifica-se o potencial de produção de biogás de diferentes espécies animais.

**Tabela 5 – Potencial de produção de biogás a partir de dejetos animais.**

<b>Espécie</b>	<b>m³ de biogás / kg de esterco</b>
<b>Carpino / ovino</b>	0,040 - 0,061
<b>Bovinos de leite</b>	0,040 - 0,049
<b>Bovinos de corte</b>	0,040
<b>Suínos</b>	0,075 - 0,089
<b>Frangos de corte</b>	0,090
<b>Poedeiras</b>	0,100
<b>Codornas</b>	0,049

Fonte: Lucas Júnior (2005) e Quadros et al (2007) apud Oliver et al (2008).

Entre estas as aves poedeiras, frangos de corte e os suínos apresentam a maior produção em metro cúbico de biogás por quilograma de esterco.

### 3.4 DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTORES

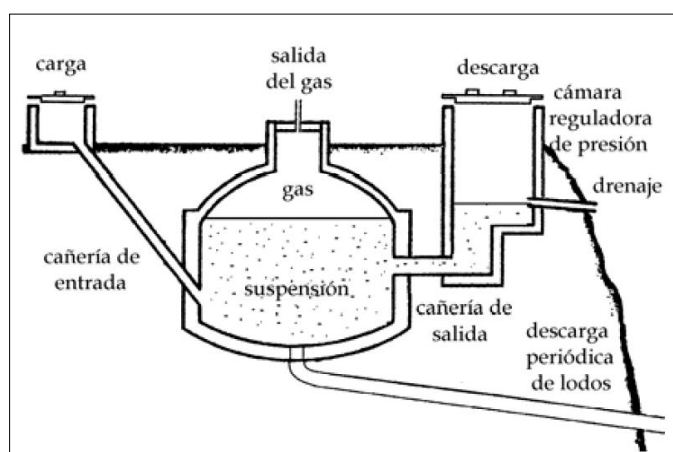
No mercado existem modelos diferenciados de biodigestores em decorrência das diferentes formas de utilização destinada as substâncias geradas. Os modelos mais conhecidos são os indianos, chineses e canadenses. Dentre eles há uma diferenciação entre a forma de abastecimento, podendo ser contínua (intermitente, diariamente) ou batelada (alimentação descontínua). O biodigestor descontínuo ou em batelada, como o próprio nome diz é carregado em momentos distintos, apenas uma vez a cada ciclo de fermentação, assim sendo fechado durante a biodigestão e depois descarregado passado o tempo de fermentação necessário. O biodigestor contínuo, conhecidos como os modelos indianos, chineses e canadenses, é muito empregado em pequenas propriedades. Isso acontece em virtude da baixa complexidade do sistema e custo de implantação. Este modelo requer uma carga diária de abastecimento do dejetos, não há agitação e nem aquecimento do sistema. “A movimentação do influente dentro do biodigestor se dá pela diferença de pressão hidráulica, e a biomassa é armazenada na parte subterrânea do biodigestor” (OLIVEIRA et al., 1993).

A maioria das instalações construídas são do modelo canadense, sua estrutura basicamente é de uma lagoa de estabilização revestida internamente

e externamente com manta de polietileno, formando uma campânula onde se concentra a produção de gases oriundos da fermentação anaeróbia dos microorganismos presentes nos resíduos de origem vegetal e animal.

A estrutura dos biodigestores é muito semelhante a das esterqueiras, porém os biodigestores são cobertos com o intuito de armazenar o biogás produzido no sistema anaeróbio. Os biodigestores, na sua câmara de digestão, podem ser construídos de diferentes materiais, como: lonas (PVC ou PEAD), tijolos ou pedras, já as campânulas podem ser de ferro, fibra de vidro ou PVC.

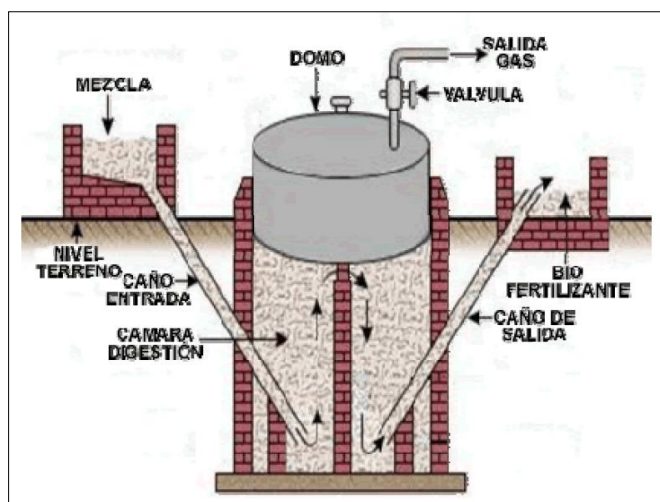
Nas figuras Figura 1 Figura 2 Figura 3 são demonstrados os modelos de biodigestores mais usados atualmente.



**Figura 1 – Modelo de biodigestor chinês.**

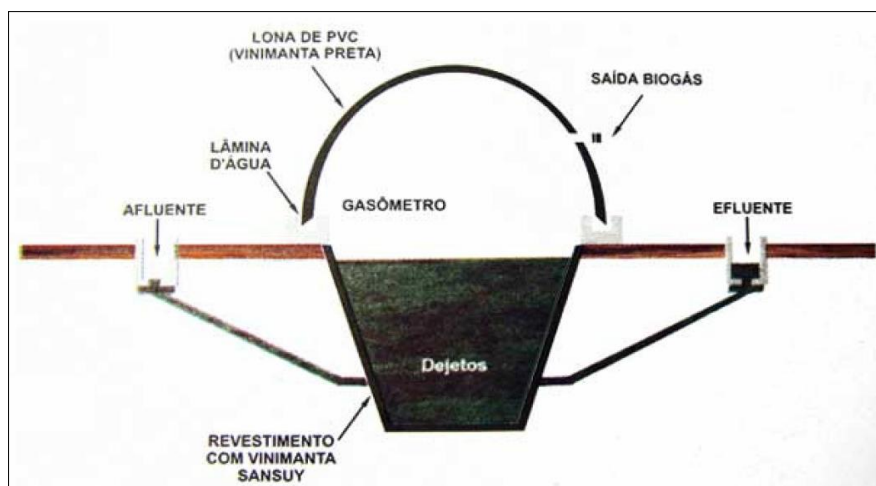
Fonte: Oliver et al. (2008).

De acordo com Oliveira et al. (2004), a decisão do local para a construção do biodigestor deve levar em conta o tipo e as condições do solo, facilidade e localização frente ao abastecimento de dejetos, armazenagem da biomassa, manejo para utilização do biofertilizante, distância do biodigestor em relação a utilização do biogás, além é claro das distâncias seguras dos galpões de criação e acesso do público.



**Figura 2 – Modelo de biodigestor indiano.**

Fonte: Oliver et al. (2008).



**Figura 3 – Modelo de biodigestor em manta de laminado de PVC (Canadense).**

FONTE: Oliver et al. (2008).

Para o dimensionamento dos biodigestores e o sistema de tratamento do efluente é necessário estar baseado no volume diário de dejetos produzido pelos animais. Segundo Oliver et al. (2008) para este dimensionamento basta inferir o volume da carga diária de dejetos e urina ( $\text{m}^3/\text{dia}$ ) multiplicado pelo tempo de retenção hidráulica (dias). Desta forma tem-se:

$$VB = VC \times TRH$$

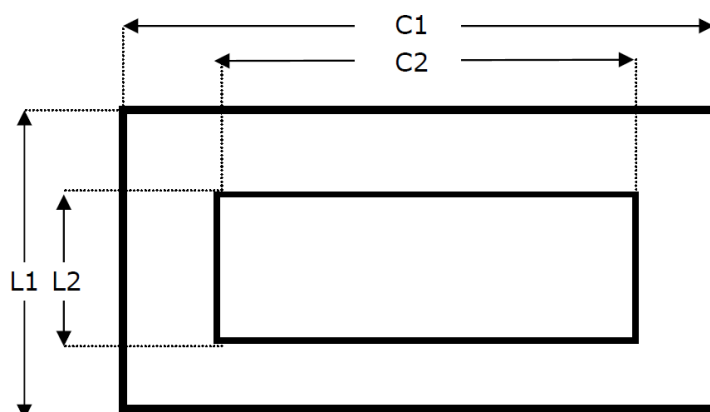
Para tal cálculo deve ser considerado tempo de retenção hidráulica para suínos de 35 dias.

Para a construção de um biodigestor do modelo canadense não há necessidade da construção de revestimento de alvenaria, porém isso pode ser realizado quando se desejar a perfeita colocação e manutenção da manta. O dimensionamento deverá estar baseado na medida da área da base e da campânula, assim como descrito na Tabela 6 e demonstrado na Figura 4.

**Tabela 6 – Dimensionamento do biodigestor de acordo com o volume.**

Volume (m <sup>3</sup> )	Profundidade (m)	Comprimento maior C1 (m)	Largura maior L1 (m)	Comprimento menor C2 (m)	Largura menor L2 (m)
3	1,0	3,5	1,2	3,0	0,7
7	1,0	6,0	2,0	4,8	0,8
15	1,4	7,0	2,5	5,5	1,0
20	1,5	8,0	3,0	6,0	1,0
30	1,5	10,0	3,5	8,0	1,5

Fonte: Oliver et al., (2008).



**Figura 4 – Planta de topo da escavação e dimensionamento da manta.**

Fonte: Oliver et al.(2008).

Na figura 5 é possível visualizar as etapas do processo de construção de um biodigestor do modelo canadense. Primeiramente é necessária a escavação e formação do talude, firmar a estrutura do mesmo e depois cobri-lo com a manta de PVC, tanto na base como na campânula formada juntamente com as cintas de sustentação da campânula constituída de manta.



**Figura 5 – Etapas de construção do biodigestor no modelo canadense.**

Fonte: Pereira et al. (2008).

Alguns biodigestores construídos no projeto Suinocultura Santa Catarina – Programa Nacional do Meio Ambiente II foram revestidos com vinimanta de PVC com espessura de 0,8 mm e a cobertura com espessura de 1 mm Oliveira et al. (2006).

Como mencionado anteriormente a localização do biodigestor é um fator importante e no estado de Santa Catarina deve seguir a mesma norma adotada para as esterqueiras e lagos de tratamento, conforme descrito na Instrução Normativa – 11, FATMA (2004), anexo 8.3. Além das normas é imprescindível que os biodigestores fiquem em áreas isoladas, a fim de impedir o acesso indevido de animais, que possam causar danos aos equipamentos e de crianças para evitar acidentes. É importante estar atento a presença de árvores muito próximas, pois suas raízes podem perfurar a manta na parte subterrânea ou galhos na parte aérea.

Outros fatores a serem considerados para a implementação do biodigestor em uma propriedade são: as necessidades energéticas da propriedade (energia térmica ou elétrica), a capacidade de consumo do biogás produzido e a área disponível para a aplicação do biofertilizante (LA FARGE, 1995; apud OLIVEIRA et al. 2004).

### 3.5 MANEJO DE BIODIGESTORES

O isolamento de segurança do biodigestor e da lagoa de biofertilizante são medidas importantes para o manejo, além da limpeza em volta dos mesmos. Para o bom funcionamento dos biodigestores é necessário sua constante manutenção, através da verificação dos canos, qualidade das lonas e da matéria prima utilizada.

Durante a produção de biogás também há a formação de vapor d'água, sendo que este se deposita nos pontos mais baixos por onde ocorre a passagem do biogás, na maioria das vezes concentrando nos canos e dificultando a passagem do gás. Assim, a verificação periódica dos canos permite que na formação de vapor d'água o mesmo seja retirado de forma mecânica.

De acordo com Oliver et al., (2008) a tubulação que conduz o biogás deve ter pontos mais baixos com dreno, que funcione como válvula de segurança. Este dreno pode estar conectado a um tubo mergulhado em água, isto faz com que seja possível observar a ocorrência do excesso de gás no gasômetro, quando esta água apresentar borbulhas; nesta situação o biogás precisa ser utilizado para que a pressão sobre a manta da campânula diminuía e o gás seja devidamente aproveitado.

As tubulações utilizadas em toda a construção do biodigestor precisam ser de qualidade e propícias para a atividade, não devendo ser improvisadas e nem reutilizadas. De acordo com Oliver et al. (2008), este uso indevido pode ocasionar explosões devido a passagem do biogás e o contato com o ar. Uma medida de manutenção importante é a vedação das junções e emendas com o uso de selantes e braçadeiras.

A constante verificação da ocorrência de vazamentos nos canos, furos ou rasgos nas lonas é uma medida preventiva. Desta forma detectando a tempo e sem prejuízos ao funcionamento e segurança. As cintas presentes na campânula dos biodigestores precisam ser verificadas periodicamente, pois quando estas ficam soltas ou levemente frouxas podem causar atrito na lona que com o tempo pode ocasionar rasgos.

Dentro dos biodigestores ocorre a constante produção de gases, que em condições favoráveis podem entrar em combustão facilmente e em virtude



disso, é importante estar atento aos riscos de explosão, que ocorre na presença de oxigênio dentro dos biodigestores e em contato com o biogás. Segundo Oliver et al. (2008), em instalações novas de biodigestores deve-se tomar cuidado com esta situação, pois é normal que a entrada de ar ocorra no início da operação de produção de gás assim, é imprescindível que a produção inicial deste biogás venha a ser liberada, e não queimada.

### 3.6 LIMITAÇÕES

A qualidade da matéria prima para a produção da biomassa é um dos fatores limitantes que podem prejudicar o bom funcionamento dos biodigestores.

#### 3.6.1 Biomassa

Segundo Morga (1983); apud Oliveira (1993), o influente<sup>2</sup> deve ter sua diluição entre 8 a 10%, a entrada de dejetos com diluição menores com o tempo prejudica o fluxo livre dentro do biodigestor.

A concentração de animais proporciona o acúmulo localizado de dejetos. Granjas produtoras de leitões têm um plantel grande de fêmeas em gestação e maternidade, as quais liberam uma quantidade elevada de urina e por consequência uma carga alta de amônia. Isso proporciona o acúmulo de sais cristalizados em canos proporcionando o entupimento periódico dos mesmos. Inclusive faz-se necessária a substituição periódica de motores, que em seu interior sofrem corrosão em virtude desta característica.

#### 3.6.2 Gases

Nas tubulações por onde passa o biogás ocorre a concentração de vapor d'água, o que impede a passagem continua do biogás, isto ocasiona deficiência na produção de energia, podendo dificultar o armazenamento do

---

<sup>2</sup> Caracteriza-se como influente o resíduo proveniente das valas dentro dos galpões de manejo que são destinados aos biodigestores, que após a passagem e saída dos mesmos vem a ser considerado um efluente a ser tratado.

biogás ou até mesmo inviabilizar o seu uso em virtude dos custos de manutenção com o material utilizado e redução da vida útil dos mesmos.

### 3.6.3 Temperatura

Outro grande fator limitante é a ocorrência de baixas temperaturas e a sua oscilação. Regiões onde as condições climáticas são características de temperatura baixa no inverno ou amplitude térmica podem ter a sua produção de biogás prejudicada. A temperatura influencia na velocidade das reações anaeróbias dos microorganismos presentes na biomassa.

### 3.6.4 Antibióticos

Os promotores de crescimento na ração, que em geral são antibióticos, utilizados na maioria das granjas de suínos, permanecem presentes em toda a cadeia de produção, inclusive na excreção animal. Entre estes, a amoxicilina, nos bebedouros de creche e o uso de “kinetomax”, de “tylan”, de “agemoxi L.A”, de “draxxin”, que são manipulados durante todo o manejo de criação dos animais.

Os antibióticos têm por função combater os microorganismos patogênicos presentes nos animais, porém os mesmos têm um percentual excretado na dejeção o que afeta a atividade microbiana necessária para a biodigestão de todo o dejetos destinado aos biodigestores.

### 3.6.5 Desinfetante

A desinfecção realizada nos galpões de criação tem por princípio a eliminação ou redução quantitativa de microorganismos indesejáveis, visa em sua ação um espectro amplo diante aos diversos grupos de microorganismos ou até alta seletividade quanto aos específicos. Dentro do grupo dos desinfetantes químicos estão os detergentes aniônicos, não iônicos, catiônicos, e compostos anfóteros; dentre eles somente os dois últimos os que possuem ação desinfetante, sendo que os demais servem como veículo para os desinfetantes. Os aniônicos são fracamente bactericidas. “A potência

desinfetante destes produtos está altamente associada ao bloqueio enzimático que produzem e às reações com lipídios superficiais nas bactérias (lipofilia)” (GUERREIRO et al., 1984). Além destes algumas granjas fazem o uso de formaldeído.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a contextualização da gestão da produção de energia por biodigestores foi realizado o estágio nas granjas de suínos da Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos e a visita a campo junto aos seus integrados. As granjas estudadas foram: Ibicuí, Floresta e dos Pinheiros. Nestas acompanhou-se o manejo de criação dos suínos, armazenamento e soltura dos dejetos, funcionamento e manejo dos biodigestores e por fim o tratamento e a destinação do efluente gerado. Em cada granja destinou-se o tempo de estágio de aproximadamente três semanas. Nos integrados foram realizadas visitas a campo, cerca de doze propriedades, junto aos técnicos responsáveis.

As inferências quanto às observações a campo e as percepções relatados pelos funcionários e integrados fazem parte de um diário de campo constituído a partir da verificação prática.

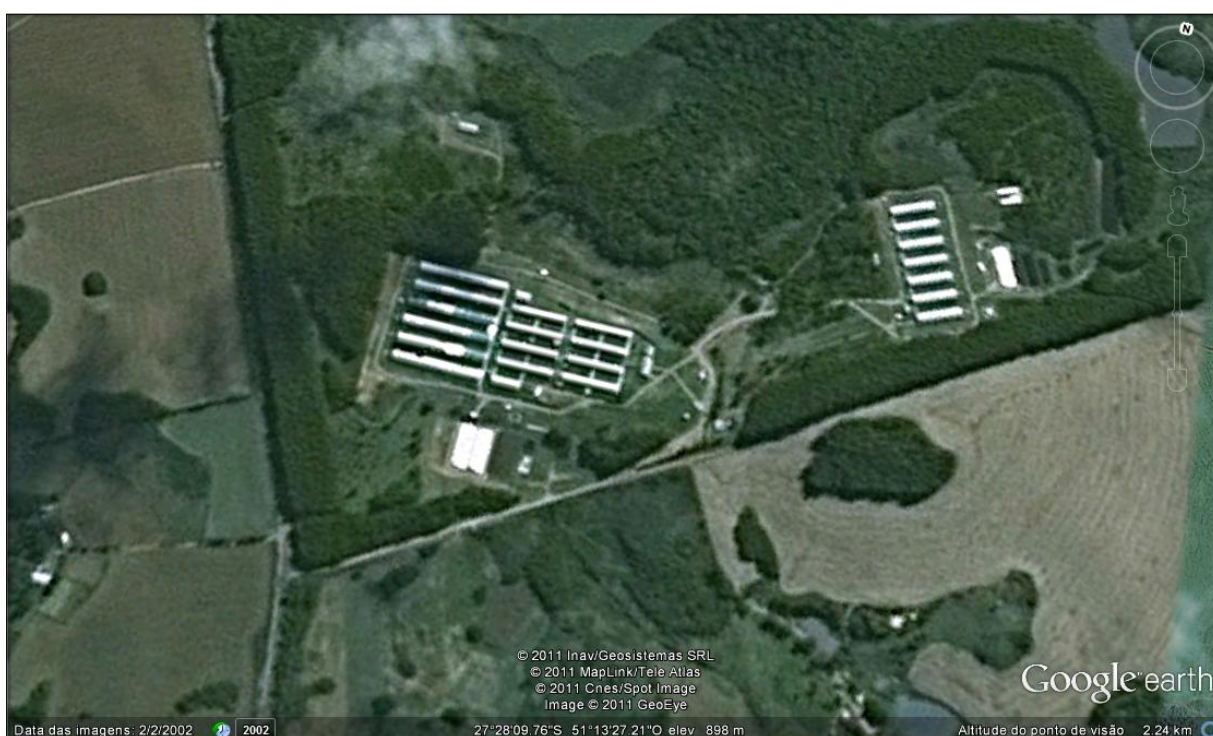
## 5. RESULTADOS

### 5.1 UTILIZAÇÃO DE BIODIGESTORES NA COOPERATIVA

#### 5.1.1 Granja Ibicuí

A granja Ibicuí foi a primeira a ser construída pela Cooperativa. A média de animais alojados no ano de 2010 foi de 9.351, dos quais 3.231 eram de matrizes.

Na Figura 6 é possível observar uma imagem de satélite da localização dos galpões e estrutura da granja.



**Figura 6 – Imagem aérea da granja Ibicuí.**

Fonte: Google Earth (2011).

##### *5.1.1.1 Gestão energética da granja Ibicuí*

O sistema de tratamento de efluentes e dos biodigestores é dividido em dois sítios. No sítio I estão localizados os galpões de maternidade, gestação e de reprodutores (cachaços) e o sítio II é composto pelos galpões de creche. Cada sítio possui o seu sistema de tratamento de dejetos, no sítio I são utilizados dois biodigestores e no sítio II apenas um biodigestor. A Tabela 7 apresenta as dimensões dos biodigestores.

**Tabela 7 - Dimensões dos biodigestores da granja Ibicuí.**

Sítio I	Perímetro Superior (m)	Perímetro Inferior (m)	Profundidade (m)	Volume Total
Biodigestor 1	54 X 20	43 X 12	3,5	2960
Biodigestor 2	50 X 16	43 X 12	3,6	2070
Sítio II	Perímetro Superior (m)	Perímetro Inferior (m)	Profundidade (m)	Volume Total
Biodigestor	52 X 16	40 X 12	3,5	2165

Fonte: COPERCAMPOS (2011), adaptado pela autora.

No sítio I o gás gerado nos biodigestores é destinado preferencialmente para a produção de energia elétrica que, para tanto são utilizados dois motores geradores de energia elétrica com potência de 150 CV e 120 KVA (quilovolt ampere). No anexo 8.1 observa-se o motor utilizado.

Dentre as granjas a Ibicuí foi pioneira no uso do biogás para a geração de energia, atualmente esta é a única granja que periodicamente alimenta todo o sistema elétrico no sítio I com o gás gerado nos biodigestores, e no sítio II aquece todos os galpões da creche com a energia térmica do biogás em substituição do GLP.

Com base nas referências apresentadas nas tabelas, 1,2 e 5 , foi possível calcular a produção de dejetos (kg/dia), o potencial de produção de biogás (m<sup>3</sup>/kg de esterco) e a produção de energia (kWh) através do esterco animal (Tabela ).

**Tabela 8 - Potencial de produção de biogás e energia elétrica (kWh) na granja Ibicuí.**

<b>Estimativa de produção de dejetos e produção de biogás da granja Ibicuí</b>				
<b>Média de animais alojados no ano de 2010</b>		<b>Produção de dejetos</b>	<b>Potencial de produção de biogás (m³ de biogás/ kg de esterco)</b>	<b>Produção de energia (kWh)</b>
<b>Categoria</b>	<b>Média anual</b>	<b>Esterco (kg/dia)</b>		
<b>Machos</b>	65	194,50	14,59 - 17,31	87,44 - 133,29
<b>Matrizes em produção</b>	3231	20.678,40	1.550,88 - 1.840,38	9.296,26 - 14.170,91
<b>Leitoas</b>	438	1.578,00	118,35 - 140,44	709,41 - 1.081,40
<b>Leitões na Maternidade</b>	5610	1.963,50	147,26 - 174,75	882,72 - 1.345,58
<b>Leitões na creche</b>	9351	21.507,30	1.613,05 - 1.914,15	9.668,90 - 14.738,95
<b>Total</b>	<b>18.695</b>	<b>45.921,70</b>	<b>3.444,13 - 4.087,03</b>	<b>20.644,74 - 31.470,14</b>

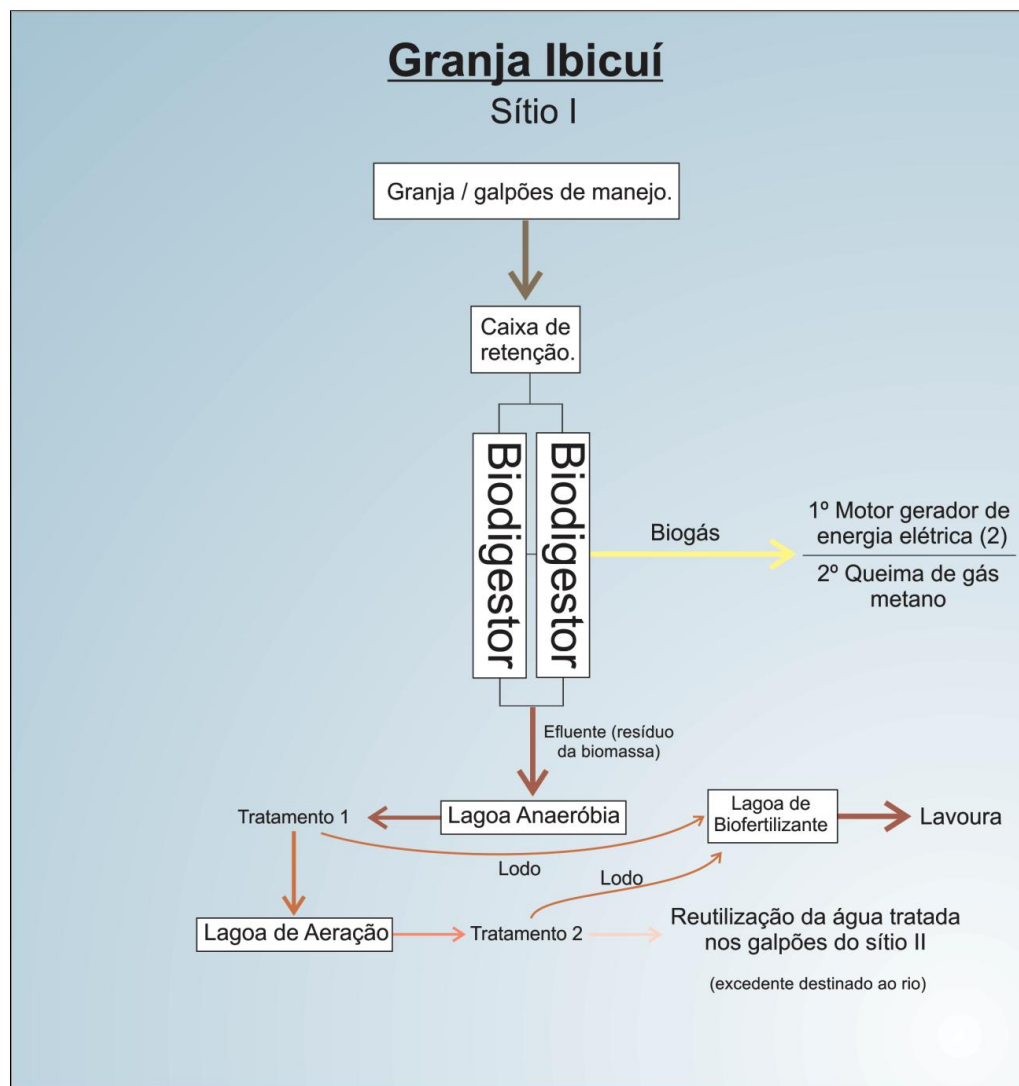
Fonte: Autora.

Diariamente no sítio I estima-se a produção de 24.414,40 kg de esterco e no sítio II 21.507,30 kg. Com esta quantidade de dejetos, o potencial de produção é de 1.831,08 a 2.172,88 m³ de biogás no sítio I e de 1.613,05 a 1.914,15 m³ no sítio II, refletindo em uma produção total de 20.644,74 a 31.470,14 kWh de energia por dia.

#### *5.1.1.2 Tratamento do efluente*

O dejetos de suíno quando sai dos galpões é destinado ao sistema de tratamento. Neste momento ocorre a produção de biogás, biofertilizante e o tratamento do efluente gerado. A produção de gás metano e consequente geração de energia é o principal destino dado aos dejetos produzidos pelos

suínos. Porém a passagem destes dejetos nos biodigestores não se constitui na única forma de tratamento e destinação dos mesmos, desta forma o sistema segue com o uso de lagoas. A Ilustração.1 apresenta um esquema do sistema de tratamento realizado.



**Ilustração.1 - Sistema de tratamento de dejetos do sítio I da granja Ibicuí.**

Fonte: Autora.

A sequência do sistema de uso dos dejetos de suínos no sítio I da granja Ibicuí apresentada consiste na passagem do dejetos na caixa de retenção, biodigestores (2) – dois destinos → 1º Motor gerador e 2º Queima de gás metano. Tanto na utilização do gás para geração de energia elétrica, como na

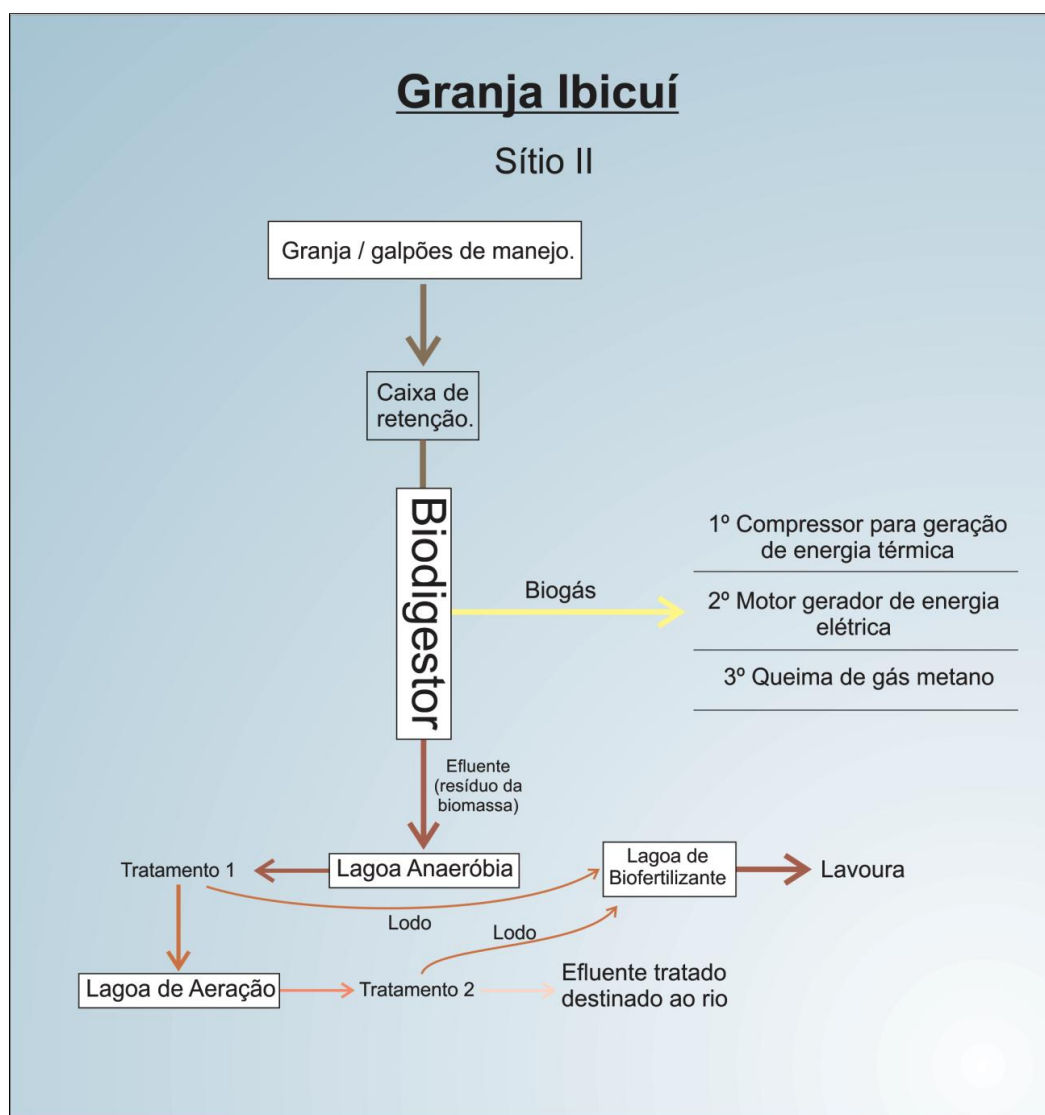


queima do biogás há a contagem de metros cúbicos de gás<sup>3</sup> utilizado. Antes de o biogás entrar nos motores para combustão, o mesmo passa por filtros especializados em reter partículas que possam obstruir o bom funcionamento do motor, como o apresentado na Foto 8.2.

No sítio II o sistema de tratamento do efluente gerado dentro dos galpões de manejo tem a destinação muito parecida com a do sítio I, diferenciando somente na prioridade e destinação do biogás gerado, como pode ser observado na Ilustração 2.

---

<sup>3</sup> Esta contagem é realizada por um aparelho instalado que contabiliza a quantidade (m<sup>3</sup>) de gás metano utilizado em prol do mecanismo de desenvolvimento limpo na atribuição de créditos de carbono. Para a venda de 1 crédito de carbono são necessários 110m<sup>3</sup> de gás, cada crédito de carbono equivale a 10 euros.



**Ilustração 2 - Sistema de tratamento de dejetos do sítio II da granja Ibicuí.**

Fonte: Autora.

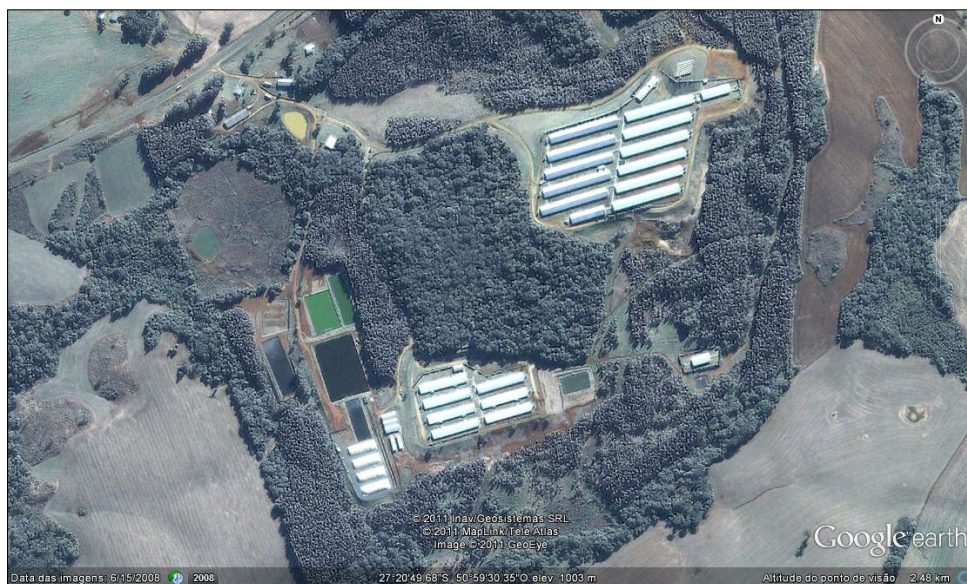
O biogás gerado é destinado primeiramente aos compressores para a geração de energia térmica e aquecimento dos galpões de criação de suínos na creche; o restante do biogás é utilizado para a geração de energia elétrica, abastecendo todo o sítio II; havendo excedente de gás o mesmo é queimado no flare. Ressaltando que, assim como no sítio I, em todo o processo que envolve a utilização de biogás há a contagem em metros cúbicos deste gás em função do mercado de crédito de carbono. Os dejetos produzidos na creche são ricos em matérias orgânicas, o que proporciona uma grande produção de biogás, porém é o efluente mais difícil de ser tratado.

Todo o sistema de tratamento de efluentes dos biodigestores nas três granjas está descrito no Anexo 8.2 – Sistema de Tratamento de Efluentes.

#### 5.1.2 Granja Floresta

A granja Floresta possui o maior plantel dentre as granjas da cooperativa. No ano de 2010 a média de matrizes alojadas foi de aproximadamente 5.700 porcas, com a criação total de 30.292 animais, dentre eles cachaços, leitoas e leitões de creche, o que resulta em uma estimativa de produção de 78.336 kg de esterco/dia.

Observa-se a seguir, na Figura a imagem de satélite da localização dos galpões, estrutura da granja e toda a área de tratamento do efluente.



**Figura 7 – Imagem aérea da granja Floresta.**

Fonte: Google Earth (2011).

##### 5.1.2.1 Gestão energética da granja Floresta

A maior proporção de animais alojados nesta granja reflete na grande produção de dejetos e no aporte do sistema de tratamento do mesmo. Desta forma, na granja estão instalados quatro biodigestores destinados para a produção de biogás e tratamento do efluente. Na Tabela são apresentadas as dimensões dos biodigestores.

**Tabela 9 – Dimensão dos biodigestores instalados na granja Floresta.**

	Perímetro Superior (m)	Perímetro Inferior (m)	Profundidade (m)	Volume Total (m³)
Biodigestores (4)	50 X 19	43 X 12	3,5	2565

Fonte: COPERCAMPOS (2011), adaptado pela autora.

Até o momento a energia proveniente do biogás é destinada ao aquecimento de todos os galpões de creche, a geração de energia elétrica está em processo de finalização para posterior utilização no abastecimento de todo o maquinário e instalações presentes no sistema de tratamento dos efluentes.

Na Tabela são apresentados os dados do plantel registrado no ano de 2010.

Utilizando os dados do plantel da granja realizou-se um cálculo estimativo da produção diária de esterco, baseado nos dados apresentados na Tabela 2. Corroborando com os valores de potencial de produção de biogás presentes na Tabela 5 foi possível estimar a produção diária de biogás em cada categoria do plantel (m³ de biogás / kg de esterco); por conseguinte obteve-se uma produção de biogás entre 5.875,26 a 6.971,98 m³ de biogás / kg de esterco. O potencial produtivo de energia elétrica em kWh foi calculado com base nos dados da Tabela 1, onde teve como base o poder calorífico do biogás entre 5.155 a 6.622 Kcal/m³. Desta forma, com a equivalência de 1 kWh = 860 Kcal, foi possível chegar a uma produção estimada de 35.217,40 a 53.684,21 kWh/dia com a biodigestão dos dejetos gerados pelos animais criados no ano de 2010 na granja.

**Tabela 10 - Potencial de produção de biogás e energia elétrica (kWh) na granja Floresta.**

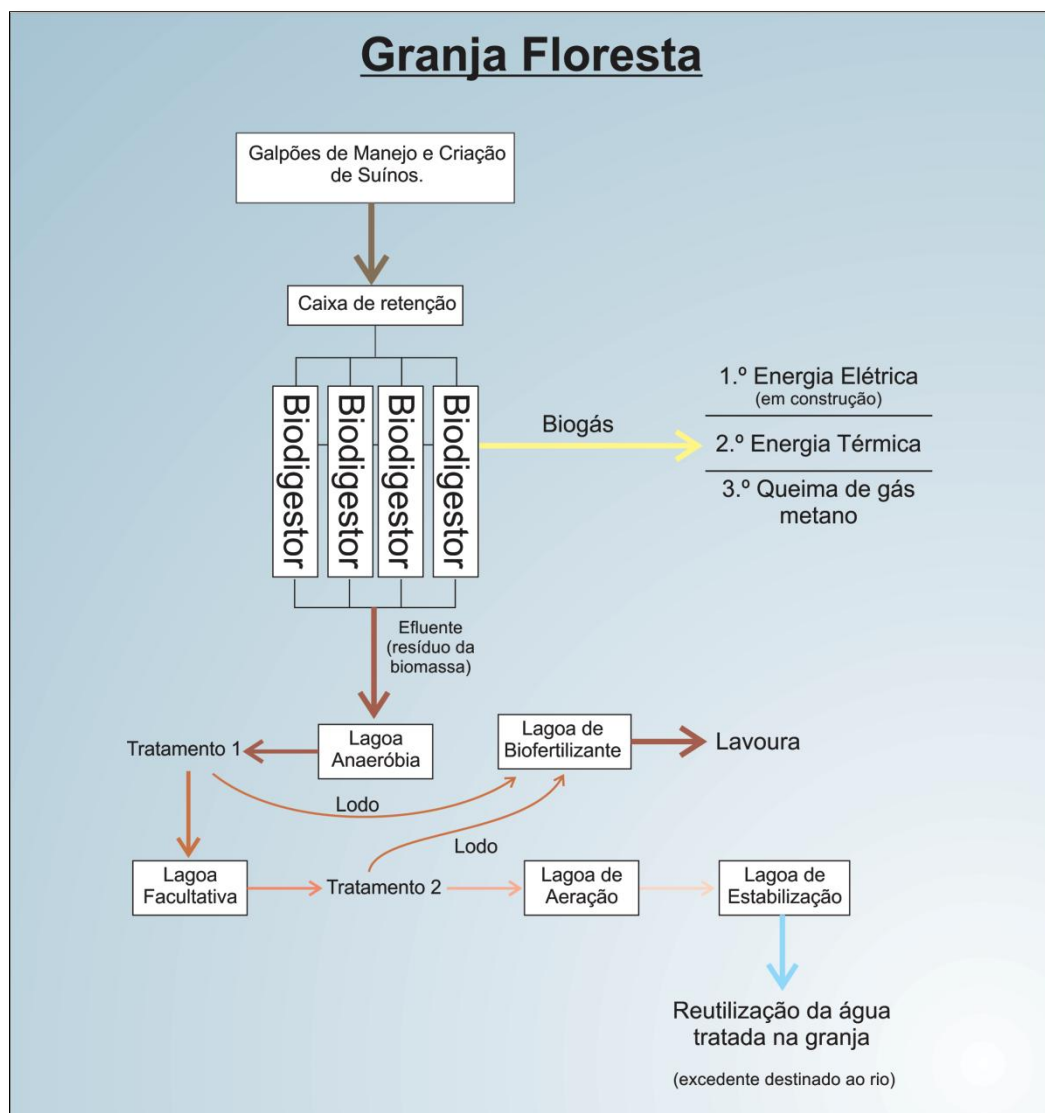
Estimativa de produção de dejetos e produção de biogás da granja Floresta				
Média de animais alojados no ano de 2010		Produção de dejetos	Potencial de produção de biogás (m³ de biogás/ kg de esterco)	Produção de energia (kWh)
Categoria	Média anual	Esterco (kg/dia)		
<b>Machos</b>	64	192,00	14,40 - 17,08	86,32 - 131,58
<b>Matrizes em produção</b>	5.701	36.486,40	2.736,48 - 3.247,29	16.402,97 - 25.004,13
<b>Leitoas</b>	1.494	5.378,40	403,38 - 478,68	2.417,93 - 3.685,82
<b>Leitões na Maternidade</b>	8.562	2.996,70	224,75 - 266,71	1.347,21 - 2.053,64
<b>Leitões na creche</b>	14.436	33.202,80	2.490,21 - 2.955,05	14.926,78 - 22.753,88
<b>Quarentenário</b>	35	80,50	6,04 - 7,16	36,19 - 55,17
<b>Total</b>	<b>30.292</b>	<b>78.336,80</b>	<b>5.875,26 - 6971,98</b>	<b>35.217,40 - 53.684,21</b>

Fonte: Autora.

#### 5.1.2.2 Tratamento do efluente

O sistema de tratamento de efluentes, a instalação e o uso dos biodigestores na cooperativa teve início nesta granja. Antes da instalação dos biodigestores já era realizado na granja o tratamento, este anteriormente trabalhava apenas com sistema de decantação dos sólidos contidos no efluente. Porém com o passar dos anos e as exigências vigentes de acordo com os órgãos ambientais foi construído um sistema que pudesse tratar efetivamente o efluente proporcionando uma reciclagem do mesmo.

O fluxo de tratamento do efluente da granja Floresta se assemelha com o existente no sítio II da granja Ibicuí, porém com algumas diferenças, o que a seguir, na Ilustração 3, pode ser visualizado.



**Ilustração 3 – Sistema de tratamento de dejetos da granja Floresta.**

Fonte: Autora.

Após a passagem dos dejetos pelos biodigestores e a produção de biogás é gerado o efluente (matéria orgânica digerida – resíduo da biomassa) que é destinado à lagoa anaeróbia. Nesta lagoa concentra-se um material rico em nutrientes caracterizando um biofertilizante em potencial que é usado em lavouras, porém como a produção deste efluente é elevada há ainda uma grande quantidade de efluentes. Este por sua vez é destinado ao tratamento para redução da carga orgânica e posterior reutilização e devolução ao corpo hídrico.



### 5.1.3 Granja dos Pinheiros

Na granja dos Pinheiros o plantel alojado entre os meses de janeiro e julho de 2011 foi de 3.497 matrizes e um total de 20.445 animais.

Nesta granja a instalação, manutenção e o domínio dos biodigestores (aenxo 8.1) são de exclusividade da Cooperativa.

Na tabela 11 a seguir são apresentadas as dimensões dos biodigestores construídos na granja dos Pinheiros.

**Tabela 11 – Dimensionamento dos biodigestores da granja dos Pinheiros.**

	Perímetro Superior (m)	Perímetro Inferior (m)	Profundidade (m)	Volume Total (m³)
Biodigestores (2)	45,8 X 16,0	37,0 X 7,5	4,0	1970

Fonte: COPERCAMPOS (2011), adaptado pela autora.

Na Figura 8 é possível observar uma imagem de satélite de localização dos galpões e estrutura da granja.



**Figura 8 – Imagem aérea da granja dos Pinheiros.**

Fonte: Google Earth (2011).

### 5.1.3.1 Gestão energética da granja dos Pinheiros

O biogás gerado é destinado aos compressores para o aquecimento da creche em função da produção de energia térmica. O uso para a produção de energia elétrica ainda está em processo de construção em virtude da adequação junto à concessionária responsável pelo o abastecimento de energia elétrica. Isto em virtude do fato de a cooperativa desejar que o sistema de energização seja instalado diretamente na entrada da granja em conjunto com o abastecimento da concessionária.

Na Tabela estão descritos dados de média de animal alojado na granja entre os meses de janeiro a julho de 2011, a produção estimada de dejetos (kg/dia), com consequente estimativa de potencial de produção de biogás e energia (kWh).

**Tabela 12 - Potencial de produção de biogás e energia elétrica (kWh) na granja dos Pinheiros.**

<b>Estimativa de produção de dejetos e produção de biogás da granja dos Pinheiros</b>				
<b>Média de animais alojados nos mensal de 2011</b>		<b>Produção de dejetos</b>	<b>Potencial de produção de biogás</b>	<b>Produção de energia</b>
<b>Categoria</b>	<b>Média mensal (Jan. – Jul.)</b>	<b>Esterco (kg/dia)</b>	<b>(m³ de biogás/ kg de esterco)</b>	<b>(kWh)</b>
<b>Machos</b>	34	102,00	7,65 - 9,08	45,86 - 69,90
<b>Matrizes em produção</b>	3.497	22.380,80	1.678,56 - 1.991,89	10.061,60 - 15.337,56
<b>Leitoas</b>	148	532,80	39,96 - 47,42	239,53 - 365,13
<b>Leitões na Maternidade</b>	6.071	2.124,85	159,36 - 189,11	955,26 - 1.456,16
<b>Leitões na creche</b>	10.695	24.598,50	1.844,89 - 2.189,27	11.058,60 - 16.857,35
<b>Total</b>	<b>20.445</b>	<b>49.738,95</b>	<b>3.730,42 - 4.426,77</b>	<b>22.360,84 - 34.086,10</b>

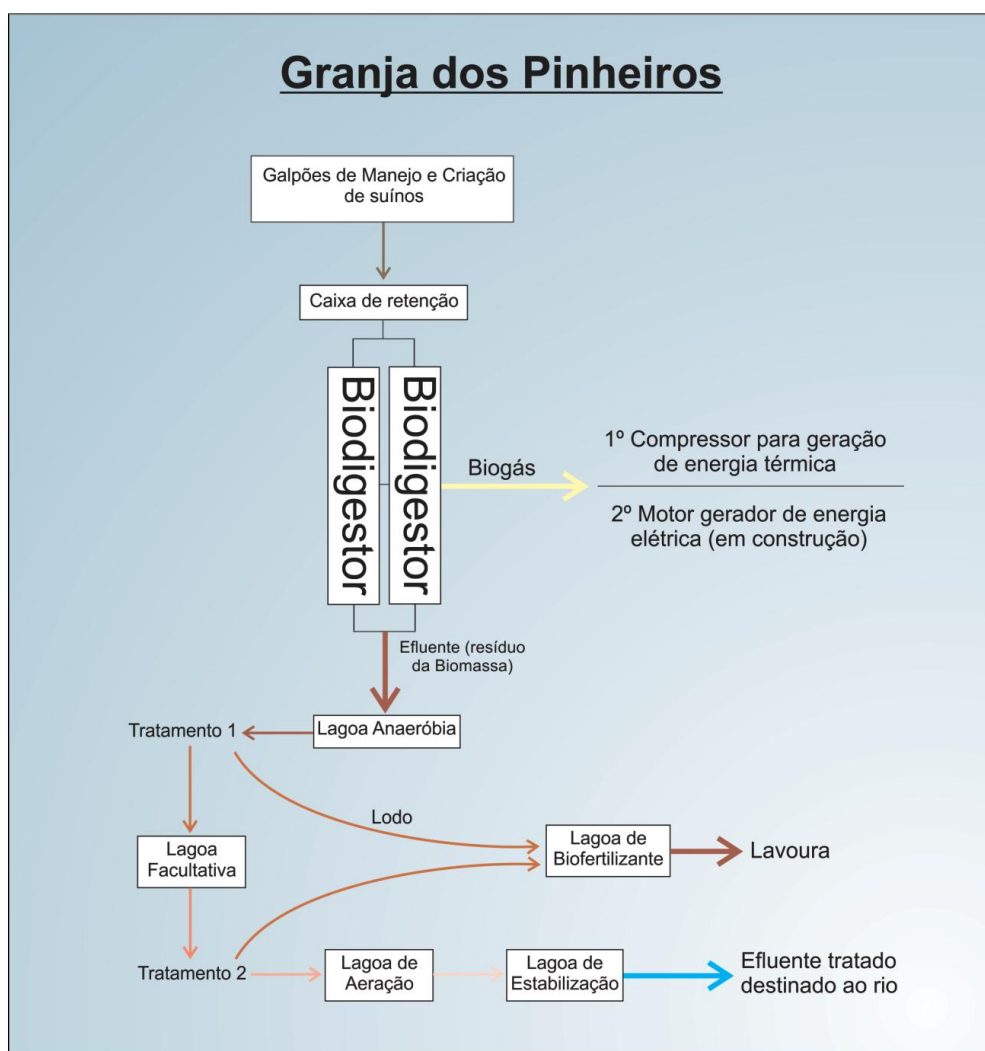
Fonte: Autora.



Diariamente, na granja dos Pinheiros, estima-se uma produção de 49.738,95 kg de esterco, resultando em um potencial de produção de biogás entre 3.730,42 a 4.426,77 m<sup>3</sup> de biogás. Todo este montante proporciona uma produção de energia de 22.360,84 – 34.086,10 kWh/dia.

#### 5.1.3.2 Tratamento do efluente

O sistema de tratamento realizado nas granjas são muito semelhantes, diferenciando apenas na destinação do biogás gerado e das lagoas presentes para o tratamento dos resíduos. A Ilustração 4 representa todo o sistema realizado na granja dos Pinheiros.



**Ilustração 4 - Sistema de tratamento de dejetos da granja dos Pinheiros.**

Fonte: Autora.

Os dejetos gerados no sítio I e sítio II da granja são destinados para o mesmo sistema de tratamento. No anexo 8.1 é possível visualizar as lagoas e os tanques e caixas de dosagem do sistema de tratamento.

#### 5.1.4 Integrados

Os sistemas de criação de suínos nos galpões dos integrados possuem certa heterogenia quanto a destinação dos resíduos gerados com os dejetos animais. Apenas uma minoria dos integrados cadastrados na cooperativa tem instalado biodigestores em seu sistema de criação e dentre os mesmos a utilização do biogás é na queima e obtenção de crédito de carbono; até o momento do estágio nenhum dos integrados estava utilizando o biogás para geração de energia elétrica ou térmica.

Produtores que fizeram o uso de biodigestores no passado, hoje em dia, utilizam eles somente como esterqueiras, o que pode ser notado no anexo 8.1

Na maioria dos criadores o tratamento dos dejetos de suínos destina-se a reserva destes em esterqueiras (mínimo de 120 dias), anexo 8.1, para posteriormente ser utilizado como biofertilizante nas lavouras.

## 6. DISCUSSÃO

A criação de suínos ainda é vista como uma atividade pecuária de grande potencial poluente, em virtude da elevada carga orgânica presente nos dejetos produzidos pelos animais. A preocupação ambiental e a destinação correta destes dejetos têm alertado os criadores para uma nova forma de manejo. Os biodigestores surgiram nas propriedades suinícolas como uma alternativa para o tratamento dos dejetos e uma fonte de geração de energia para o abastecimento das granjas.

Nas granjas produtoras de suínos da COPERCAMPOS: Ibicuí, Floresta e dos Pinheiros, os biodigestores têm gerado energia elétrica e térmica para o abastecimento energético dos galpões de criação de suínos e o sistema de tratamento de efluentes. Nestas acompanhou-se o manejo de criação dos animais, cronograma de soltura de vala, fluxograma do sistema de tratamento dos efluentes, quer seja na passagem pelos biodigestores como também no tratamento da biomassa gerado nos mesmos.

### 6.1 DIMENSIONAMENTO

As granjas Floresta e Ibicuí foram as primeiras a receber a instalação dos biodigestores. Estas instalações foram realizadas por uma empresa multinacional de origem irlandesa, que busca nos biodigestores a produção e queima do biogás para a compra e venda de créditos de carbono. A empresa e a cooperativa possuem um contrato, no qual esta multinacional fica responsável pelos custos de construção e manutenção dos biodigestores. Durante a vigência deste todo o biogás produzido passa pelos contadores instalados em cada compressor, queimador de gás e motor gerador de energia, o que permite transformar este mecanismo em créditos de carbono contabilizados pela ONU. Na granja dos Pinheiros os dois biodigestores instalados são de poderio da própria cooperativa, esta ficando responsável pela manutenção e custeio do mesmo, o que tem servido para a análise dos gastos e a viabilidade desta tecnologia na cooperativa.

Os biodigestores construídos nas granjas da cooperativa são baseados no modelo canadense. Segundo Oliveira et al. (2004), este modelo apresenta

como desvantagem a pressão variável do gás produzido. Além disso, como a alimentação dos biodigestores é diária o fluxo de matéria orgânica é constante, o que interfere diretamente na mistura da biomassa digerida com o material ainda “*in natura*”; mesmo trabalhando sob pressão hidráulica é possível que o material que sai do biodigestor ainda não esteja totalmente digerido. Pode ser notado a campo que na lagoa anaeróbia ainda há formação de gases na superfície, podendo estar intimamente ligado a digestão incompleta dentro do biodigestor. Corroborando com esta situação foi possível notar na abertura de um dos biodigestores a deposição de uma ampla camada de biomassa na forma sólida, constituindo em uma crosta de difícil remoção e diluição. Esta crosta impediu a entrada e saída do efluente no biodigestor, neste caso sendo necessário abri-lo para solucionar o problema.

Dentro dos galpões de criação dos suínos os dejetos são armazenados em valas, situadas abaixo do piso semi-ripado e todo o resíduo presente nas valas tem destinação direta aos biodigestores. Este resíduo não é composto apenas pelos dejetos, mas inclusive de todo o material que inevitavelmente caem nas valas, como exemplo, água de limpeza das salas, desinfetantes em geral, entre outros materiais que podem vir a prejudicar a ação microbiana desejável dentro dos biodigestores. Em geral as valas possuem declives, com o intuito de facilitar a passagem dos resíduos até os canos de destinação aos biodigestores, para o armazenamento de dejetos de suínos o declive não constitui em uma estrutura apropriada, pois com o passar do tempo ocorre a deposição de partículas sólidas na superfície do piso, dificultando a retirada das mesmas e necessitando do uso de água para facilitar e permitir esta remoção. Todos estes fatores podem causar um subdesenvolvimento da biodigestão dentro do biodigestor em virtude da depreciação da atividade microbiana, assim podendo ocasionar uma produção de biogás aquém do potencial real. Além disso, na biomassa presente no biodigestor aberto foram encontrados materiais como: pipeta de inseminação, sacos plásticos e outros utensílios de manejo. Relatos de funcionários que trabalham diretamente com o sistema de tratamento explicam que, como estes resíduos ainda são oriundos do manejo realizado há quatro anos, o mesmo reflete a visão equivocada de que a vala dentro dos galpões venha a ser um lixo. No entanto hoje em dia os

mesmos já possuem a conscientização de que a vala faz parte do sistema de tratamento. Fator importante a ser destacado é a necessidade de uma consciência da destinação dos dejetos presentes dentro da vala, onde estes são matéria prima para a produção de energia dentro da granja.

Para que o biodigestor funcione da maneira correta e eficiente é necessária uma manutenção diária. O insucesso desta tecnologia em muitas propriedades deve-se ao fato da percepção lúdica e errônea de que esta oferece uma solução imediata sem custos e manutenção. A manutenção dos biodigestores requer um investimento de mão de obra e conhecimento técnico.

Durante a realização do estágio foi realizada a retirada da campânula de um dos biodigestores da granja Ibicuí. Este havia sido aberto pela ultima vez há aproximadamente quatro anos, a necessidade da abertura neste momento foi causada pelo entupimento dos canos presente dentro do biodigestor, ocasionado pela grande concentração de sólidos não digeridos. Quando verificado internamente os resíduos presentes no biodigestor pode ser perceptível a grande produção de sólidos oriundos, inclusive, dos resíduos de ração, além da grande concentração de sais provenientes principalmente da urina animal. Isso demonstra que o sistema de alimentação contínua do biodigestor dificulta uma maior digestão dos dejetos.

## 6.2 GERAÇÃO DE ENERGIA

O uso do biogás para a produção de energia surgiu do empenho e desenvolvimento tecnológico da Cooperativa, ou seja, após a instalação dos biodigestores nas granjas Ibicuí e Floresta a COPERCAMPOS iniciou estudos e testes com motores geradores e compressores na produção de energia independente da estrutura patenteada pela empresa irlandesa.

A temperatura é um fator considerável para a atividade dentro dos biodigestores, tendo em vista que as bactérias presentes na biodigestão anaeróbia têm sua produção potencializada na faixa mesofílica (temperaturas entre 20 e 45°C). Desta forma regiões onde no inverno registram-se temperaturas abaixo da faixa ótima (mesofílica) o potencial de produção fica prejudicado. A maior produção de gás metano é o que se busca para a melhor

produção de biogás, desta forma a qualidade do material enviado aos biodigestores interfere na melhor e maior produção de biogás. Além de que a maior produção de dióxido de carbono ocorre em detrimento da produção de gás metano. Na região do município de Campos Novos é característica a ocorrência de temperaturas baixas no inverno, o que deprecia a produção de biogás nesta época do ano, caracterizando um fator limitante ao aporte energético neste período.

A estimativa de potencial de produção de biogás e energia elétrica (kWh) nas granjas (Tabela ,Tabela e Tabela ) é algo teórico baseado em referências de estimativa de produção de esterco (kg/dia) como apresentado nas tabelasTabela 2 e Tabela 5. Analisando os dados da granja Ibicuí entre os meses de janeiro e setembro de 2011, há um consumo médio de 67.298 kWh/mês, a estimativa de produção diária em kWh através do biogás da granja para o ano de 2010 foi de 20.644,74 a 31.470,14 (kWh), valores que de acordo com a média de consumo diário atendem a necessidade da granja e ainda sobram. O mesmo ocorre na granja Floresta onde se observa que a estimativa diária de produção de energia através do biogás fica entre 35.217,40 a 53.684,21 kWh, sendo a média de consumo entre os meses de janeiro e setembro de 2011 de 123.733 kWh/mês, a produção diária de energia através do biogás ultrapassa a quantidade em kWh utilizada pela granja em energia elétrica, ressaltando que grande parte da energia produzida pelos biodigestores nesta granja é destinada para o aquecimento da creche com energia térmica. Na granja dos Pinheiros o consumo mensal de energia elétrica fica em torno de 68.453kWh e a estimativa de produção de energia através dos biodigestores foi 22.360,84 - 34.086,10 kWh/dia, o que reflete a mesma situação apresentada nas duas granjas anteriores, há uma produção de biogás capaz de abastecer o consumo energético da granja e ainda sim exceder.

A produção estimada de energia em kWh apresentadas podem não refletir a realidade em produção dentro dos biodigestores. Os dejetos de suínos apresentam grande variedade na sua composição em sólidos totais, matéria seca e outros constituintes provenientes da ração ingerida. Isto interfere diretamente na produção de biogás tendo em vista que a matéria orgânica reflete na quantidade e qualidade dos gases produzidos na biodigestão. Além

destes o manejo de criação, a ambiência (referido no capítulo acima) e a fase de crescimento de cada animal são características inerentes nas diferenças de produção na quantidade e qualidade destes dejetos. Todos estes fatores dificultam a construção de parâmetros mais concisos de produção de dejetos, que interferem diretamente na estimativa do potencial de produção de biogás. Os parâmetros usados atualmente para a inferência do potencial de produção do biogás (Tabela 2 e Tabela 5) são muitos generalizados e podendo não refletir a realidade e estimar além do que tem sido produzido na prática. Porém estas estimativas de potencial de produção de energia nas granjas nos permite ter uma idéia teórica do grande potencial de produção em energia quando a produção de biogás, a matéria orgânica utilizada para o abastecimento dos biodigestores e as condições ambientais forem favoráveis à produção em quantidade e qualidade, assim podendo refletir as estimavas das tabelasTabela 8,Tabela eTabela .

Como visto nas descrições anteriores, cada granja apresenta sua particularidade no sistema de tratamento e utilização do biogás. Isto é devido ao fato de que durante nove anos a Cooperativa vem realizando testes em cada granja para encontrar a melhor forma de atrelar a conformidade ambiental e a reutilização dos dejetos gerados para a geração de energia. Desta forma com o passar dos anos, cada granja foi se desenvolvendo de acordo com as suas necessidades e capacidade do sistema. É fato que todas caminham para o mesmo objetivo, geração de energia elétrica e térmica com o biogás, tratamento dos efluentes gerados, destinação correta e reutilização do efluente. A produção de energia limpa em busca da sustentabilidade no sistema de abastecimento de energia elétrica e térmica são metas da Cooperativa.

Dentre os integrados da cooperativa, poucos utilizam os biodigestores para o tratamento dos dejetos, a grande maioria apenas faz uso das esterqueiras, como por exemplo, no anexo 8.1. Possível notar que a prolatividade é uma característica muito importante dentro do sistema de destinação dos dejetos de suínos, ou seja, buscar medidas viáveis e ambientalmente correta parte da boa vontade dos criadores. O que foi possível ser notado em uma das propriedades, onde a justificativa para o desuso dos biodigestores foi em virtude da falta de manejo adequado, conhecimento

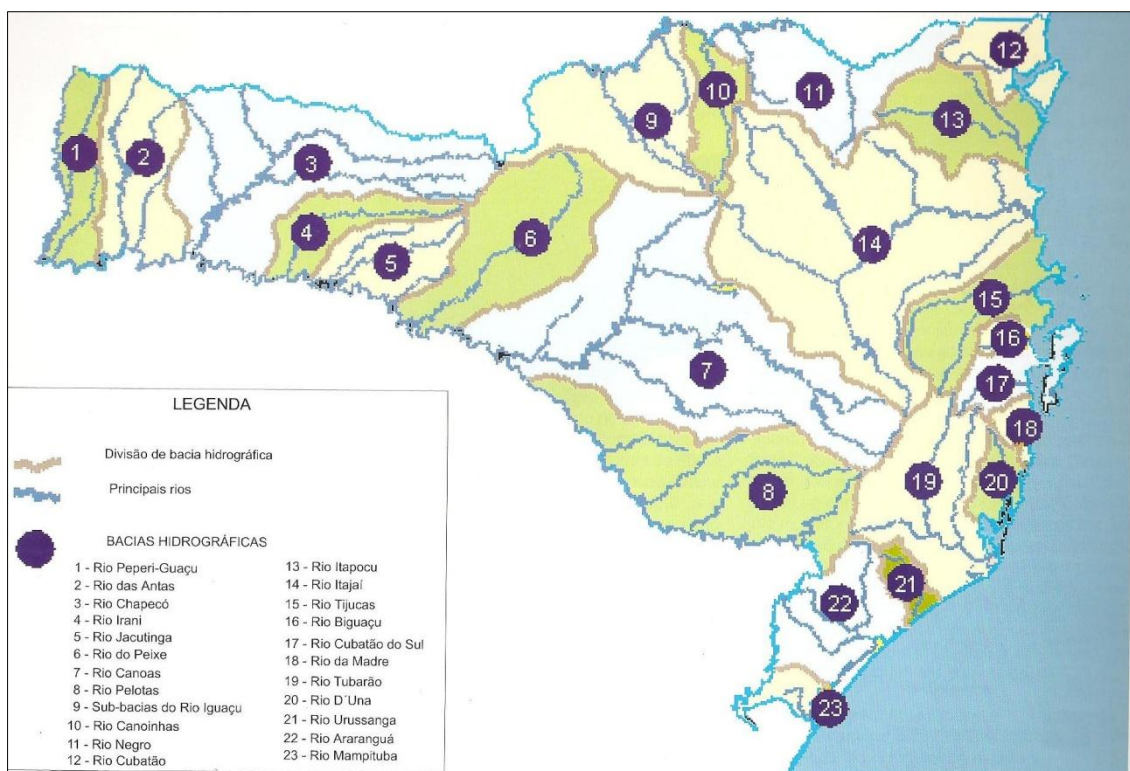
técnico para a utilização dos mesmos e ainda a constante manutenção destes biodigestores. No anexo 8.1 Foto 8.18 é possível observar que biodigestores desativados hoje em dia são utilizados como simples esterqueiras. Uma destinação interessante entre os integrados foi observada em uma propriedade na qual o biogás gerado dentro dos biodigestores está sendo destinado ao abastecimento de motores (fabricados artesanalmente) para a movimentação de aspersores do tipo pivô central. No anexo 8.1 observa-se a imagem dos motores utilizados. Muitos integrados se mostram interessados em instalar biodigestores, mas em virtude dos custos de instalação e manutenção ainda não obtiveram capital para tal. Confirmando o fato notado em geral que os pequenos agricultores ou integrados não utilizam esta tecnologia pelo alto custo de implantação do biodigestor se comparado com o das esterqueiras.

O uso de biodigestores na suinocultura não é uma ciência que finda o sistema de tratamento de dejetos, pelo contrário, faz parte de um sistema que envolve questões ambientais e energéticas. Por muitos anos acreditou-se que a simples aspersão dos dejetos nas áreas de lavoura era o suficiente e a destinação correta dos mesmos por constituírem em um biofertilizante de qualidade. Com o avanço da tecnologia e estudos realizados na área dos dejetos da suinocultura foram atribuídos os biodigestores e o tratamento dos efluentes como outras formas de destinação dos dejetos.

### 6.3 DESTINO DE EFLUENTES

O município de Campos Novos pertence a região hidrográfica RH 4 - Planalto de Lages estando inserida na bacia do rio Canoas (Figura 9). Dentro do território catarinense o rio Canoas representa grande importância por ser um dos rios formadores da bacia do Uruguai. Esta bacia conta com uma área de drenagem de 15.012 km<sup>2</sup>, sendo uma das maiores no estado de Santa Catarina.





**Figura 9 – Bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina.**

Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (1997).

De acordo com a Lei 5.793, de 15 de outubro de 1980, nas águas de classe 1 não é permitido o lançamento de efluentes neste rio, mesmo que este seja tratado, já nos rios de classe 2 e 3 é permitida esta ação, de acordo com parâmetros limites estabelecidos. Os efluentes gerados nas granjas Floresta e Pinheiros são destinados ao rio Inferno Grande, de acordo com as análises realizadas mensalmente do efluente tratado em cada granja observa-se que a água tratada e destinada aos corpos hídricos estão com parâmetros dentro do limite aceitável de  $DBO_5$ .

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como elucidado no decorrer do trabalho o uso de esterqueiras para o armazenamento dos dejetos e a posterior destinação como fertilizante na lavoura é a aplicação mais utilizada dentre a maioria dos produtores de suínos. Dentro da faculdade de agronomia ainda tem se falado sobre esta prática de adubação com a aspersão dos dejetos suínos, porém é sabido que além do perigo iminente de lixiviação, há a capacidade suporte de cada solo. O esterco suíno na sua composição concentra teores apreciáveis de fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes. Desta forma, a cada adubação realizada, devem ser levados em conta disponibilidade de nutrientes deste adubo e a quantidade exigida pela planta.

O potencial poluidor dos dejetos de suínos é alto, a destinação adequada e o uso racional destes deve refletir a importância de tal problemática, ou seja, não somente o uso do esterco como adubo e o posterior tratamento em decantação são suficientes para o tratamento e destinação dos dejetos. Sendo estas medidas paliativas que não refletem a complexidade do processo. Os biodigestores se inserem no sistema de tratamento como uma vertente que potencializa este esterco em um combustível, processo que valoriza o dejetos, que *in natura* caracteriza-se com um poluente. Corroborando com toda a discussão envolvida neste trabalho, é visto que não há uma tecnologia ou medida única capaz de tratar os dejetos produzidos pelos suínos, o que afirma a necessidade da existência de várias vertentes para a destinação desta carga orgânica. Não se defende a tecnologia dos biodigestores como a alternativa mais viável para o tratamento, mas sim o desenvolvimento de maiores estudos agrônômicos e aplicação de novos métodos que também sejam tão eficientes quanto.

Como concluinte da graduação em Agronomia enxergo que a gestão energética através da biomassa é um ramo cada dia mais promissor na agricultura e pecuária nacional. Face ao exposto, percebe-se a elevada importância da instrumentação teórica da tecnologia aplicada e construção da mesma dentro da faculdade em prol da formação do Engenheiro Agrônomo como um profissional habilitado a tratar de todas as questões que envolvem as ciências agrárias. Por não ter possuído na graduação disciplinas que

enfatassem aplicações da gestão energética através de fontes renováveis, enfrentou-se dificuldades para a compreensão de toda a etapa que envolve o uso de biodigestores e o tratamento dos efluentes gerados. Em virtude disso, é nítida a importância de disciplinas baseadas nesta gestão vigente e na construção de novas tecnologias.

A aplicação do biogás para a geração de energia dentro da Cooperativa é uma técnica recente e ainda de certa forma empírica, pois a realização do mesmo é movida graças ao trabalho desenvolvido por uma pequena parcela de funcionários empenhados no sucesso do processo. Isso reflete no sistema de geração de energia, pois o conhecimento técnico da aplicação, instrumentalização, manejo e limitações dos biodigestores são atribuídos à estes funcionários que aprenderam na prática como funcionam os biodigestores.

A permanência da tecnologia dos biodigestores é dependente da assessoria técnica no manejo e condução dos equipamentos, bem como qualidade e produção da matéria prima oriunda da dejeção animal. Para que o sistema venha a ser cada vez mais difundido e aplicável é importante que sejam realizados estudos quanto ao potencial de produção de biogás, ou seja, desenvolver parâmetros mais próximos da realidade produzida na prática através da estimativa dos constituintes gerados nos dejetos, além é claro da realização do manejo apropriado dado aos dejetos dentro dos galpões de criação.

## 8. ANEXOS

### 8.1 INSTALAÇÕES DAS GRANJAS E INTEGRADOS



**Foto 8.1 - Motor gerador de energia elétrica.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.2 - Filtro nos motores de combustão para geração de energia elétrica.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.3 - Encanamento para água reciclada, utilizada para limpeza e soltura de valas.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.4 – Visão Frontal dos biodigestores instalados na granja dos Pinheiros.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.5 – Visão lateral dos biodigestores instalados na granja dos Pinheiros.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.6 – Compressor utilizado para geração de energia térmica através do biogás.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011





**Foto 8.7 – Queimador de biogás que alimenta o sistema de aquecimento da creche.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.8 – Tubulação interna nos galpões de creche que recebem a energia térmica para aquecimento.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.9 – Visão das lagoas de tratamento de efluentes.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.10 – Lagoa de aeração e ao fundo lagoa da água destinada ao rio.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011





**Foto 8.11 – Tanques de tratamento de efluentes.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.12 – Caixas de dosagem dos tratamentos de efluente.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.13 – Dosagem de sulfato de alumínio.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.14 – Dosagem de polímero catiônico.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.15 - Flocculação do tratamento com sulfato de alumínio.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.16 – Flocculação do tratamento com polímero catiônico.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.17 – Motores artesanais utilizados em pivô central.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011



**Foto 8.18 – Antigo biodigestor atualmente utilizado como esterqueira.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011





**Foto 8.19 – Esterqueira utilizada em uma das propriedades.**

Fonte: Arquivo pessoal, 2011

## 8.2 SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

O sistema de tratamento realizado nas granjas da cooperativa passa por uma sequência química que visa a reutilização deste efluente no manejo dentro da granja e também a sua destinação ao rio. Este consiste na utilização de lagoas de tratamento em conjunto com a redução da carga poluidora graças a adição de sulfato de alumínio e polímero catiônico. Como pode ser visualizado na ilustração após a passagem pela lagoa anaeróbia o efluente é destinado ao primeiro tratamento com a adição de sulfato de alumínio (gerando a decantação das partículas orgânicas), Foto 8.13, e depois a adição de polímero catiônico, Foto 8.16, com o intuito de promover a floculação das partículas orgânicas restantes, Foto 8.15 e Foto 8.16. Ao sair do primeiro tratamento o efluente é destinado a lagoa facultativa, que por sua vez destina o efluente ao segundo tratamento (constituído das mesmas fases existentes no primeiro tratamento, porém com o intuito de filtrar ainda mais a quantidade de matéria orgânica) que posteriormente é levado para a lagoa de aeração. Nesta lagoa o efluente já tratado recebe adição mecânica de oxigênio, em virtude da redução causada pelas altas taxa de DBO presente nos dejetos de suínos. Após a passagem pela lagoa de aeração o efluente está tratado, desta forma grande parte desta água é destinada ao abastecimento dos galpões reutilizando esta água a limpeza e soltura de valas, o excedente é devolvido à natureza para os rios próximos.


A granja Floresta apresenta algumas particularidades quanto ao aspecto ambiental. O efluente tratado, após ser reciclado e ter reduzido seu poder poluente é destinado preferencialmente para abastecer as caixas d'água da granja. Das 48 caixas d'água, 18 são abastecidas com água reciclada no próprio sistema de tratamento. Esta água é utilizada dentro dos galpões para a lavagem dos mesmos e no manejo de soltura de valas. Na Foto 8.3 observa-se os canos utilizados para a passagem de água reciclada.

Além do sistema de tratamento e reutilização da água, na granja Floresta a água da chuva e a água excedente dos cochos são destinadas a uma lagoa específica e posteriormente são reutilizadas nos galpões da granja.

Após a passagem nos biodigestores o efluente gerado é destinado para o tratamento destes dejetos. Todo o efluente restante (resíduo da biomassa)

que passou pelo tempo de retenção vai para a lagoa anaeróbia, nesta quando há demanda de utilização de biofertilizante são retirados da lagoa para aspersão nas áreas de lavoura; mesmo utilizando este efluente como biofertilizante há excedente de produção, desta forma sendo destinado para o tratamento. Da lagoa anaeróbia o efluente é destinado para o tratamento 1 que consiste na adição de sulfato de alumínio (floculador), Foto 8.15, e polímero catiônico (decantador), Foto 8.16, após o efluente é destinado a lagoa de aeração que consiste na adição de oxigênio com o intuito de aumentar a demanda de oxigênio do efluente. Depois de passado na lagoa de aeração o efluente é destinado ao tratamento 2 de onde sai tratado. Este efluente é destinado primeiramente a um reservatório para reutilização da água no sítio II e o excedente é destinado ao rio. Na saída dos tanques de cada tratamento há formação de lodo, assim sendo encaminhado para a lagoa de lodo ou de biofertilizante.

## 8.3 INSTRUÇÃO NORMATIVA

	<b>SUINOCULTURA</b>	<b>IN-11</b>
---	---------------------	--------------

## 1) INSTRUÇÕES GERAIS:

- O enquadramento dessa atividade será de acordo com a Portaria nº 01/04, de 02.08.2000;
- O projeto depois de aprovado não poderá ser alterado sem que as modificações sejam apresentadas e devidamente aprovadas pela FATMA;
- A FATMA não assumirá qualquer responsabilidade pelo não cumprimento de contratos entre o interessado e o projetista, nem aceitará como justificativa qualquer problema decorrente desse inter-relacionamento;
- Os projetos devem ser subscritos por profissional habilitado, com indicação expressa do nome, registro de classe, endereço completo e telefone;
- A quantidade máxima de dejetos para a utilização em lavouras é de 50 m<sup>3</sup>/ha/ano, e de acordo com recomendações de adubação indicadas por laudo com base em análise do solo;
- Recomenda-se a instalação de sistemas de calhas e cisternas, visando o aproveitamento das águas pluviais para uso nas pocilgas.
- Deverão ser publicados em periódico regional, todos os extratos dos pedidos de autorizações e/ou licenças, e somente após a entrega na FATMA do comprovante da publicação, será concedida a autorização e/ou licença;

## OBSERVAÇÃO:

Requerimento: **com vistas à obtenção ou renovação do licenciamento ambiental:**

**Licença Ambiental Prévia (LAP):** declara a viabilidade do projeto e/ou localização de equipamento ou atividade, quanto aos aspectos de impacto e diretrizes de uso do solo.

Licença Ambiental de Instalação (LAI): **autoriza a implantação da atividade ou instalação de qualquer equipamento, com base no projeto executivo final.**

Licença Ambiental de Operação (LAO): **autoriza o funcionamento do equipamento, atividade ou serviço, com base em vistoria, teste de operação ou qualquer meio técnico de verificação.**



AuA – Autorização Ambiental – **Concedidas as atividades de porte inferior ao pequeno e mediante apresentação da documentação exigida nos itens 1 e 2 abaixo e mediante quitação de guia de BESC -Preço (UFIR) = 20 Agência do BESC nº 068, conta nº 800.711-2.**

**DOCUMENTOS APRESENTAR: (para Autorização Ambiental – AuA, apresentar os itens 1 e 2 abaixo)**

1) Licença Ambiental Prévia (LAP):

1.1 Requerimento da licença, conforme modelo, encaminhado à esta Fundação de Meio Ambiente – FATMA, acompanhado da documentação abaixo especificada.

1.2 Desenho/croqui de localização da propriedade, incluindo:

1.2.1 Distribuição das instalações na propriedade, identificando a respectiva unidade de armazenagem, com a denominação (F1, D1 e outras) e o plantel de animais que atende e respectivo ano das instalações (individualmente);

1.2.2. Distância em metros, das pocilgas e do sistema de tratamento aos corpos d'água;

1.2.3. Distância em metros, das pocilgas e do sistema de tratamento às habitações, aos limites dos terrenos vizinhos e às margens das estradas;

1.2.4. Indicação do Norte magnético

1.2.5. Identificação das estradas, com as respectivas direções.

1.3 Documento expedido pela Prefeitura Municipal, declarando que a atividade será implantada de acordo com as diretrizes de uso do solo do município e se está a montante ou a jusante do ponto de captação de água para abastecimento público.

Obs.: No perímetro Urbano não é permitida a implantação ou funcionamento da atividade suinícola. (Código Sanitário)

2) Licença Ambiental de Instalação (LAI):

2.1 Requerimento da licença especificada no ANEXO -1, encaminhado à esta Fundação de Meio Ambiente – FATMA, acompanhado da documentação abaixo especificada;

- 2.2 Planta de localização do empreendimento contendo todas as unidades, inclusive com o tratamento dos efluentes;
- 2.3 Projeto do sistema para tratamento dos resíduos sólidos e efluentes líquidos, das esterqueiras, bioesterqueiras, sistema de fertirrigação, sistema separador de sólidos, sistema de lagoas, outros, contendo memorial descritivo, de cálculo, plantas e cortes;
- 2.4 Programa de monitoramento do sistema de tratamento de efluentes;
- 2.5 Cronograma físico para a execução das obras;
- 2.6 Anotação de Responsabilidade Técnica - ART dos projetos e execução da obra do profissional habilitado.

### **3) Licença Ambiental de Operação (LAO):**

- 3.1 Requerimento da licença especificada no ANEXO-1, encaminhado à esta Fundação de Meio Ambiente – FATMA, acompanhado da documentação abaixo especificada.
- 3.2 Demonstração da eficiência do sistema de controle ambiental através de laudos laboratoriais dos parâmetros constantes do programa de monitoramento aprovado na LAI.

## REFERÊNCIAS

**Avaliação e Otimização de Biodigestor.** Disponível em: <[http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio\\_resumo2006/relatorio/CTC/DCMM/Carlos%20Leonardo%20Kurdian%20Castanho%20Afonso.pdf](http://www.puc-rio.br/pibic/relatorio_resumo2006/relatorio/CTC/DCMM/Carlos%20Leonardo%20Kurdian%20Castanho%20Afonso.pdf)>. Acesso em 22 de out. de 2011.

**Banco de Dados Agregados** – Sistema IBGE de Recuperação Automática SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 31 de out. de 2011.

**Biodigestor.** Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/o\\_que\\_e/biodigestor.htm](http://www.suapesquisa.com/o_que_e/biodigestor.htm)> Acesso em 22 de out. de 2011.

**Biodigestores – Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária.** Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_4/biodigestores/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/biodigestores/index.htm)>. Acesso em 22 de out. de 2011.

CENAMO, M. C. **Mudanças Climáticas, o Protocolo de Quioto e Mercado de Carbono.** CEPEA. 2004

Copercampos – Cooperativa Regional de Campos Novos. **Agroindústria.** Disponível em: <<http://www.copercampos.com.br/>>. Acesso em 24 de set. de 2011.

Diesel, R.; Miranda, C. R.; Perdomo, C. C. **Boletim Informativo de Pesquisa - Embrapa Suínos e Aves e Extensão - EMATER/RS.** Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. 2002

Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Manual Técnico construção e operação de biodigestores, por Laurentino Fernandes Batista.** Brasília, 1981.

FARIAS, Bernadete Ferreira, Org. **Legislação Ambiental de Santa Catarina: Coletânea Organizada por Bernadete Ferreira Farias**. Florianópolis, JURIS AMBIO, 2000.

GUERREIRO, Milton G.; OLIVEIRA, Sérgio J.; SARAIVA, Danilo; et. al. **Bacteriologia especial: com interesse em saúde animal e saúde pública**. Porto Alegre, Sulina, 1984.

HENN, Alan. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. **Avaliação de dois didstemas de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos – condição de partida**. 157 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2005

HONÓRIO, Micheline Orlandi. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. **Estimativa de crédito de carbono da produção e queima do biogás proveniente de dejetos suínos: estudo de caso**. 91 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2009

MORGA, A.A.; GALLI, U.F.; USTRA, L.A.R. **Biogás e biofertilizante a partir de resíduos orgânicos**. Pelotas: UFPel, 1981.

OLIVEIRA, Paulo Armando V. de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1993.

OLIVEIRA, Paulo Armando Victória de; HIGARASHI, Martha Mayumi. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 2006.

OLIVER, André de Paula Moniz; NETO, Aurélio de Andrade Souza; QUADROS, Danilo Gusmão de; VALLADARES, Renata Everett. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. Disponível em <[http://www.neppa.uneb.br/textos/publicacoes/manuais/manual\\_biodigestor\\_wi\\_nrock.pdf](http://www.neppa.uneb.br/textos/publicacoes/manuais/manual_biodigestor_wi_nrock.pdf)> Acesso em 7 de nov. de 2011.

PEREIRA, E.R.; DEMARCHI, J.J.A.A; BUDIÑO, F.E.L. **BIODIGESTORES – Tecnologia para o manejo de efluentes da pecuária**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_4/biodigestores/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/biodigestores/index.htm)>. Acesso em 24 de out. de 2011.

Pereira, Milton Fischer – Construções rurais – São Paulo:Nobel, 1986.

PROJETO DE CONTROLE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DECORRENTE DA SUINOCULTURA EM SANTA CATARINA. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia: 2004.

SANTA CATARINA Secretaria de Estado do desenvolvimento urbano e meio ambiente. **Bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina: diagnóstico geral**. Florianópolis: SHR/MMA, C1997.

SEGANFREDO, Milton Antonio EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília (DF): Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

SEITZ, John L. **Questões globais: uma introdução**. Lisboa (PT): Instituto Piaget.

STRAUCH, Manuel; ALBUQUERQUE, Paulo Peixoto de. **Resíduos: como lidar com recursos naturais**. São Leopoldo: Oikos, 2008. 220p.